

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

| | |
|--|----------|
| ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ | |
| Αριθμ. Πρωτοκ. | 345 |
| Ημερομηνία | 1-3-2011 |

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΖΩΟΛΟΓΙΑΣ

**Επίδραση οπτικών ερεθισμάτων στην σεξουαλική
συμπεριφορά των αρσενικών της μύγας της Μεσογείου
Ceratitis capitata (Diptera: Tephritidae)**

Ξένια Χαραλάμπους

**Προπτυχιακή Διατριβή
Βόλος 2011**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 9473/1
Ημερ. Εισ.: 01-04-2011
Δωρεά: Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ
2011
ΧΑΡ

Περιεχόμενα

| | |
|--|----|
| Ευχαριστίες..... | 3 |
| Περίληψη | 4 |
| Summary | 6 |
| 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... | 8 |
| 1.1 Συστηματική κατάταξη | 8 |
| 1.2 Γεωγραφική κατανομή | 8 |
| 1.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά..... | 11 |
| 1.4 Ξενιστές..... | 16 |
| 1.5 Βιολογικός κύκλος | 18 |
| 1.6 Αντιμετώπιση..... | 20 |
| 1.7 Αναπαραγωγική συμπεριφορά της Μύγας της Μεσογείου | 23 |
| 1.8 Επίδραση ερεθισμάτων και προηγούμενης εμπειρίας στην σεξουαλική συμπεριφορά των αρσενικών. | 30 |
| 1.9 Σκοπός | 32 |
| 2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ..... | 33 |
| 2.1 Συνθήκες εργαστηρίου και έντομα | 33 |
| 2.2 Μεθοδολογία | 35 |
| 2.2.1 Δοκιμές σύζευξης | 35 |
| 2.2.2 Σεξουαλικό κάλεσμα..... | 37 |
| 2.3 Στατιστική ανάλυση | 37 |
| 3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ..... | 44 |
| 3.1 Δοκιμή σύζευξης..... | 44 |
| 3.2 Εκδήλωση σεξουαλικού καλέσματος | 49 |
| 4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ | 56 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 58 |

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της πτυχιακής μου διατριβής κ. Ν. Θ. Παπαδόπουλο για την επιλογή του θέματος, τις πολύτιμες συμβουλές του για την εκτέλεση του πειράματός μου και για τις υποδείξεις και διορθώσεις στη συγγραφή του κειμένου διατριβής.

Επίσης οφείλω να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής κ. Α. Σφουγγάρη και κ. Χ. Αθανασίου για τις χρήσιμες υποδείξεις και διορθώσεις της πτυχιακής μου εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στην Υποψήφια Διδάκτορα Στέλλα Α. Παπαναστασίου για την αξιόλογη βοήθειά της για την περάτωση του πειράματός μου αλλά και για όλες τις χρήσιμες συμβουλές και διορθώσεις κατά τη συγγραφή της πτυχιακής μου διατριβής.

Τέλος ευχαριστώ τους γονείς μου και τον αδελφό μου για την διαρκή στήριξη κατά τη διάρκεια των σπουδών μου. Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στην αδελφή μου που βοήθησε στη ολοκλήρωση αυτής της πτυχιακής διατριβής.

Περίληψη

Το Μάρτιο έως τον Σεπτέμβριο του 2008 μελετήθηκε η επίδραση οπτικών ερεθισμάτων στη σεξουαλική συμπεριφορά της μύγας της Μεσογείου, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). Για τη μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκαν έντομα F₁ γενεάς που προέρχονταν από άγριο τοπικό πληθυσμό μύγας της Μεσογείου που συλλέχθηκε στην Αγχίαλο Μαγνησίας. Η διεξαγωγή των πειραμάτων έγινε στους χώρους του Εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας σε σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας 25 ± 2 °C, σχετικής υγρασίας $65 \pm 5\%$ και φωτοπεριόδου 14:10 (Φ:Σ) με τη φωτόφαση να ξεκινά στις 07:00 π.μ.

Συγκεκριμένα, μελετήθηκε η συμπεριφορά σύζευξης αρσενικών που εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα κατά τη πρώτη μέρα της ενήλικης ζωής τους σε σχέση με εκείνη αρσενικών που δεν εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα. Μετά την έξοδο από το νυμφικό περίβλημα 200 αρσενικά τοποθετήθηκαν σε 4 κλουβιά σε ομάδες των 50 ατόμων. Στα 2 από τα 4 κλουβιά τοποθετήθηκαν οπτικά ερεθίσματα και τα άλλα 2 παρέμειναν κενά. Μετά από 15 μέρες, μόλις τα αρσενικά ωρίμασαν αναπαραγωγικά πραγματοποιήθηκαν οι δοκιμές σύζευξης. Ομάδες των 20 αρσενικών (10 που εκτεθήκαν σε οπτικά ερεθίσματα και 10 που δεν εκτεθήκαν) τοποθετήθηκαν στο ίδιο κλουβί με 10 παρθένα αναπαραγωγικά ώριμα θηλυκά. Κάθε 15 λεπτά καταγραφόταν ο αριθμός των συζεύξεων, ο χρόνος μέχρι την έναρξη της σύζευξης και η διάρκειά της. Για τη μελέτη του σεξουαλικού καλέσματος 100 αρσενικά τοποθετήθηκαν μετά την έξοδό τους σε κλουβί με οπτικά ερεθίσματα και 100 σε κλουβί χωρίς οπτικά ερεθίσματα. Τη 14^η, 15^η και 16^η ημέρα καταγράφηκε η

συχνότητα και η θέση εκδήλωσης του σεξουαλικού καλέσματος των αρσενικών.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η έκθεση των αρσενικών στα οπτικά ερεθίσματα δεν είχε σημαντική επίδραση στον αριθμό και στη διάρκεια των συζεύξεων που πέτυχαν. Ωστόσο, ο χρόνος αποδοχής των αρσενικών που είχαν εκτεθεί σε οπτικά ερεθίσματα από τα θηλυκά ήταν σημαντικά μικρότερος από ότι των αρσενικών που δεν είχαν εκτεθεί. Επιπλέον, μεγαλύτερος αριθμός της πρώτης κατηγορίας των αρσενικών εκδήλωσε σεξουαλικό κάλεσμα και τις 3 ημέρες της παρατήρησης. Όσον αφορά στην προτίμηση θέσης εκδήλωσης του σεξουαλικού καλέσματος, τα αρσενικά και των δύο κατηγοριών προτίμησαν τις πράσινες και κίτρινες σφαίρες για την εκδήλωση του σεξουαλικού καλέσματος σε σχέση με τα τοιχώματα των κλουβιών και τα φύλλα. Συζητείται η επίδραση των οπτικών ερεθισμάτων στη σεξουαλική συμπεριφορά των αρσενικών.

Effect of visual stimuli on the sexual behavior of male Mediterranean fruit flies *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae)

Summary

From March to September 2008 we studied the effect of visual stimuli on the sexual behavior of male medflies *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). Flies used in our study were of the F₁ generation and were obtained from field infested fruits collected in Aghialos – Magnisia. The experiments were conducted in the laboratory of Entomology and Agricultural Zoology at the University of Thessaly, in constant laboratory conditions (Temperature: 25 ± 2 °C, RH: $60 \pm 5\%$ and a photoperiod of L14:D10 with photophase starting at 0700 h.

Specifically, we studied the performance of males exposed to visual stimuli that of control males (non exposed to visual stimuli) on calling and mating. After eclosion, 200 males were placed in 4 cages in groups of 50 individuals. We environmentally enriched 2 out of 4 cages with visual stimuli and we kept the other 2 cages empty of stimuli. Fifteen days later, when males were reproductively mature, we performed the mating tests. Therefore, groups of 20 males (10 males exposed to visual stimuli and 10 not exposed) were placed in the same cage with 10 virgin reproductively mature females. The number of matings, the latency time and the copula duration were recorded every 15 minutes. In order to study the effect of visual stimuli on the calling performance, 100 males were placed after eclosion in an environmentally enriched cage and 100 males were placed in a non enriched cage. During the 14th, 15th and 16th we recorded the number of males performing sexual calling

in each cage and the location of every male performing calling within the cage.

Our results show that visual stimuli did not affect the number and the duration of matings succeeded by males. Nevertheless, the latency time of “exposed” males was significantly shorter than of non “exposed” males. Furthermore, more “exposed” than non “exposed” males performed sexual calling during the 3 days of the observation. The more preferable locations for within the cage were the yellow and green plastic spheres followed by the cage walls and the plastic leaves. Our results are discussed in view of male competitiveness in relation to exposure to visual stimuli.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Συστηματική κατάταξη

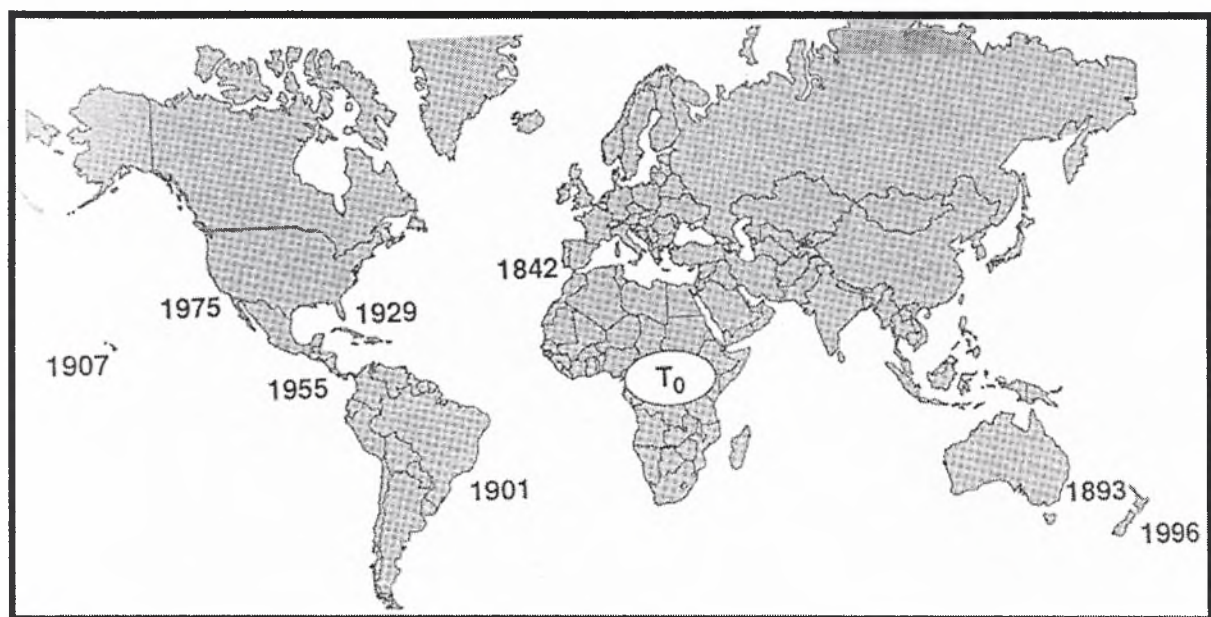
Η μύγα της Μεσογείου *Ceratitis capitata* (Wiedemann) ανήκει στην οικογένεια Tephritidae των Διπτέρων. Το γένος *Ceratitis* περιλαμβάνει περισσότερα από 90 είδη και η μύγα της Μεσογείου αποτελεί το πιο γνωστό είδος αυτού του γένους. Εκδηλώνει ευρεία γεωγραφική κατανομή σε πολλές τροπικές και εύκρατες περιοχές και είναι έντομο εξαιρετικά πολυφάγο (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 1998).

1.2 Γεωγραφική κατανομή

Η μύγα της Μεσογείου προέρχεται από την τροπική Αφρική και συγκεκριμένα την περιοχή νοτιοανατολικά της ερήμου Σαχάρα (Kenya). Τα τελευταία 200 χρόνια έχει εξαπλωθεί σε έναν μεγάλο αριθμό περιοχών, όπως στη λεκάνη της Μεσογείου, στην κεντρική και νότια Αμερική και στην Αυστραλία (Fletcher, 1989) (Εικόνα 1). Η πρώτη καταγραφή της σε Μεσογειακές χώρες όπως την Ισπανία και την Ιταλία έγινε στα μέσα του 18ου αιώνα (Malacrida et al., 1992). Η αποίκιση του εντόμου στην Αυστραλία έγινε το 1893 στην περιοχή Perth. Η εγκατάσταση του εντόμου στη δυτική Αυστραλία θεωρείται δευτερογενές γεγονός αποικισμού, με δεδομένο ότι η λεκάνη της Μεσογείου αποτελεί πιθανότατα την πρωταρχική περιοχή “εισβολής” του από την τροπική Αφρική, όπου κατάγεται (Bonizzoni et al., 2004). Ο εποικισμός περιοχών του Νέου Κόσμου επιτεύχθηκε με τη βοήθεια ανθρώπινων δραστηριοτήτων, όπως για παράδειγμα το διεθνές εμπόριο φρούτων. Η παρουσία του εντόμου

αναφέρεται σε όλες τις χώρες της κεντρικής Αμερικής εκτός από το Μεξικό όπου συντονισμένες προσπάθειες καταπολέμησης οδήγησαν στην εξάλειψή του, τουλάχιστον στις βόρειες περιοχές της χώρας (Papadopoulos, 1998).

Στις αρχές του περασμένου αιώνα η μύγα της Μεσογείου καταγράφηκε για πρώτη φορά στην Αμερικανική ήπειρο και συγκεκριμένα στη Βραζιλία το 1905 (Malacrida et al., 1992). Επιπλέον, στα μέσα του περασμένου αιώνα εμφανίστηκε στη Βόρεια Αμερική, στις πολιτείες Τέξας, Φλόριδα και Καλιφόρνια (Carey 1996). Η πρώτη εμφάνιση του εντόμου στην Καλιφόρνια έγινε το 1975. Άλλοι ερευνητές υποστηρίζουν πως η παρουσία του *C. capitata* στη Καλιφόρνια, οφείλεται σε άτομα που μεταφέρονται από άλλες περιοχές και όχι σε μόνιμα εγκατεστημένο πληθυσμό. Τέλος το έντομο ενδημεί σε όλες τις χώρες την νότιας Αμερικής, σε νησιά του Ατλαντικού, του Ειρηνικού και του Ινδικού Ωκεανού. Η περιστασιακή παρουσία του *C. capitata* σε χώρες της κεντρικής Ευρώπης σε συνδυασμό με την απουσία του από τις βαλκανικές χώρες (εκτός από την Κροατία), συνιστούν ότι η χώρα μας και ειδικά η βόρεια Ελλάδα βρίσκονται στη βορειότερη ζώνη εξάπλωσης του είδους (Papadopoulos et al., 1996.)



Εικόνα 1: Χρονολογική εξάπλωση της μύγας Μεσογείου. (Το: πιθανό αρχικό σημείο προέλευσης) (Οικονόμου, 2006).

1.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Το σώμα του ενηλίκου έχει μήκος 4 – 6 mm και πλάτος 1,2 – 2 mm με χαρακτηριστικό χρωματισμό που αποτελείται από κίτρινες, καστανές, μαύρες και άσπρες κηλίδες στο θώρακα, κοιλιά και πτέρυγες (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 1998). Το χρώμα της κεφαλής είναι κίτρινο και πιο σκοτεινό ανάμεσα στις βάσεις των κεραιών με μαύρες τρίχες ανάμεσα στους οφθαλμούς. Οι κεραίες έχουν χρώμα καστανό με μικρό αριθμό τριχών στο μέσο τους. Οι οφθαλμοί είναι σύνθετοι με χρώμα ιριδίζον πορφυρό, έως σκούρο καστανέρυθρο (Εικόνα 2α). Τα αρσενικά διακρίνονται από τα θηλυκά από ένα ζεύγος έμμισχων κερατοειδών αποφύσεων χρώματος αργυρότεφρου, που διακρίνεται στο μέτωπό τους (Εικόνα 2β). Οι πτέρυγες έχουν μήκος περίπου 4,5mm η καθεμιά και είναι διαφανείς. Όταν το ενήλικο στέκεται ή βαδίζει έχει τις πτέρυγές του μισάνοιχτες, σχηματίζοντας περίπου ορθή γωνία. Το νωτιαίο τμήμα του θώρακα είναι μαύρο και γυαλιστερό έχοντας χαρακτηριστικές λευκές ρίγες, ενώ το κοιλιακό είναι κιτρινωπό. Το scutellum έχει χρώμα μαύρο και μία κυματοειδή λευκή ζώνη στο πρόσθιο τμήμα του. Οι κοιλιά του εντόμου έχει χρώμα πορτοκαλί-κίτρινο με δύο εγκάρσιες ζώνες και πολλά λεπτά στίγματα. Το μήκος της κοιλίας του θηλυκού είναι λίγο μεγαλύτερο από το πλάτος της και ο ωοθέτης καστανέρυθρος και προς την άκρη καστανός έχοντας μήκος 0,9 – 1,1mm και διάμετρο 0,2mm (Εικόνα 2α). Τα πόδια του ενηλίκου είναι κίτρινου-ερυθρού χρώματος και φέρουν κίτρινες, σκληρές τρίχες στο οπίσθιο τμήμα της κνήμης (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 1998).

Το αυγό είναι λείο, λευκό, στενόμακρο, σε σχήμα μπανάνας με μήκος 0,9 – 1,1 mm και διάμετρο 0,2 – 0,3 mm (Εικόνα 3).

Η προνύμφη, όπως οι πλείστες της οικογένειας Tephritidae, είναι ακέφαλη, πιο στενή στο πρόσθιο μέρος του σώματος και σχεδόν κυλινδρική στο οπίσθιο (Εικόνα 4). Υπάρχουν τρία προνυμφικά στάδια που διακρίνονται μεταξύ τους με βάση το σχήμα, το μέγεθος και το χρώμα των στοματικών αγκίστρων.

Το σχήμα της νύμφης είναι ελλειψοειδές με χαρακτηριστική μορφή βαρελιού, μήκους 4,4 – 4,5 mm και διαμέτρου 2 – 2,5 mm. Το χρώμα της εξαρτάται από τον ξενιστή στον οποίο αναπτύσσονται οι προνύμφες και ποικίλλει από υπόλευκο έως σκούρο καστανό (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 1998) (Εικόνα 5).

α)



β)



Εικόνα 2: α) Ενήλικο θηλυκό της μύγας της Μεσογείου με ευδιάκριτο τον ωοθέτη (agspsrv34.agric.wa.gov.au/ento/icdb/speciesco)

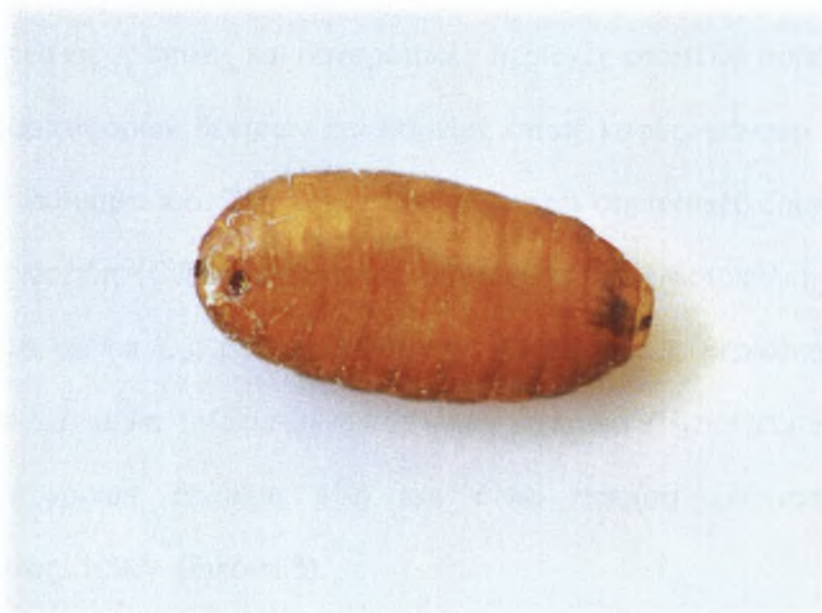
β) Ενήλικο αρσενικό της μύγας της Μεσογείου. Διακρίνονται οι έμμισχες κερατοειδείς αποφύσεις στην κεφαλή (www-naweb.iaea.org/nafa/ipc/tephritid-fruit-files.html)



Εικόνα 3: Αυγά μύγας της Μεσογείου
(<http://www.invasive.org/images/768x512/5193030.jpg&imgrefurl>)



Εικόνα 4: Προνύμφες μύγας Μεσογείου
(http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/eb/Ceratitidis_capitata_larvae2.jpg&imgrefurl)



Εικόνα 5: Νύμφη μύγας Μεσογείου
(http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d6/Ceratitis_capitata_-_pupae_2.jpg&imgrefurl)

1.4 Ξενιστές

Η μύγα της Μεσογείου αποτελεί το πλέον πολυφάγο είδος της οικογένειας Tephritidae προσβάλλοντας ημιώριμους, σχεδόν ώριμους ή και ώριμους καρπούς πολλών δέντρων, θάμνων ή ποωδών φυτών με τροπική, υποτροπική και εύκρατη προέλευση που ανήκουν συνολικά σε 67 οικογένειες φυτών (Papadopoulos, 2004). Σύμφωνα με τη λίστα των Liquidó και συνεργάτες (1991), ο συνολικός αριθμός των ξενιστών του εντόμου ανέρχεται στους 353. Το 40% των ξενιστών ανήκει σε 5 οικογένειες: Myrtaceae (6%), Rosaceae (10%), Rutaceae (9%), Sapotaceae (9%) και Solanaceae (6%). Πιο συγκεκριμένα σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές αποτελεί σοβαρό εχθρό πολλών καρποφόρων δέντρων και θάμνων όπως καφές, μάνγκο, παπάγια, αβοκάντο, γκουάβα κ.α. Στη χώρα μας προκαλεί σημαντικές ζημιές κυρίως στα εσπεριδοειδή (*Citrus spp*) όπως μανταρίνια και πορτοκάλια, αλλά και σύκα (*Ficus carica* L.), ροδάκινα (*Prunus persicae* L.), βερίκοκα (*Prunus armeniaca* L.), μήλα (*Malus silvestris* Mill), αχλάδια (*Pyrus communis* L.), κυδώνια (*Cydonia oblonga* Mill) και άλλα φρούτα (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 1998) (Εικόνα 6).



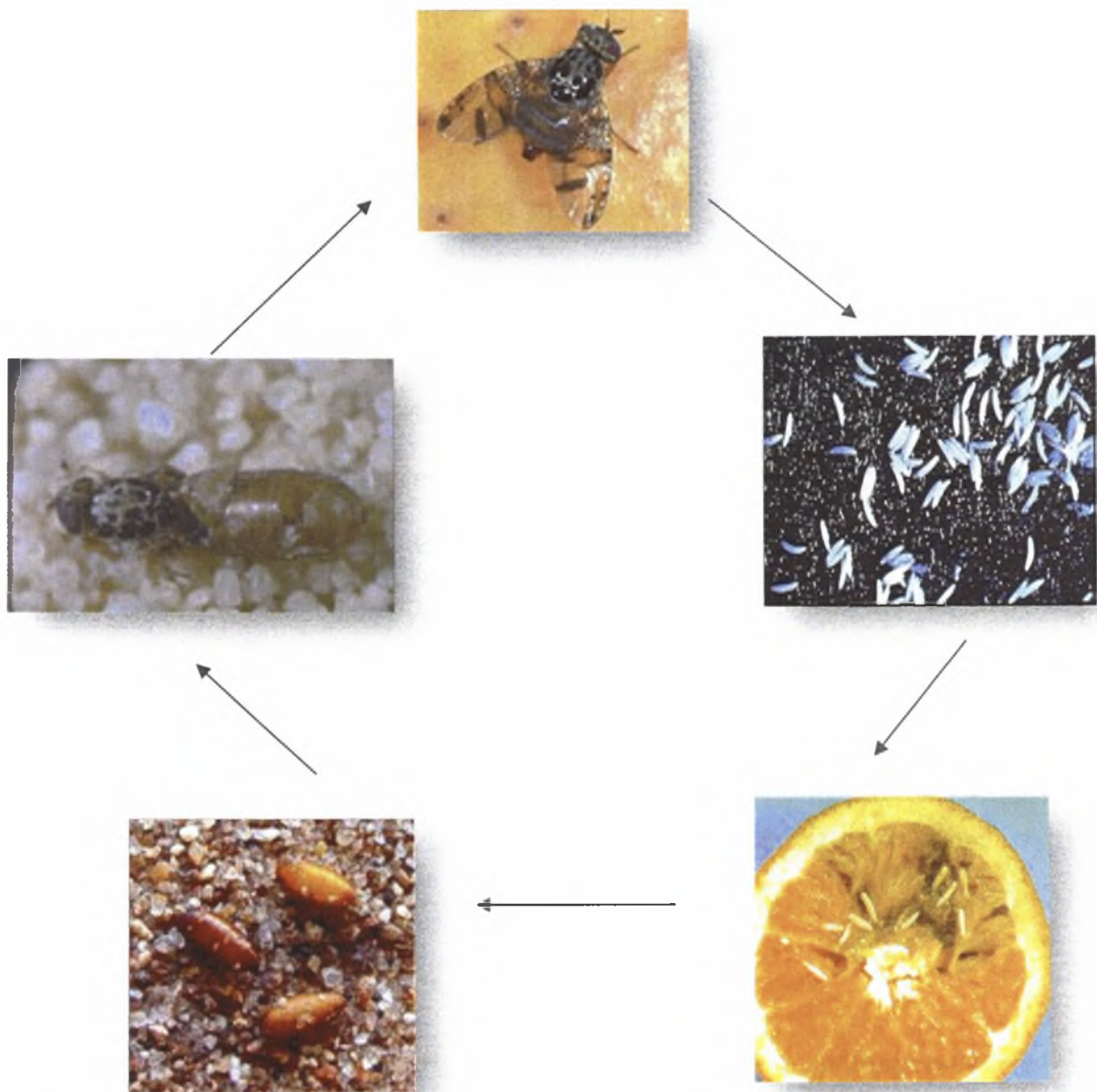
Εικόνα 6: Προσβολές καρπών από τη μύγα της Μεσογείου
(<http://www.hear.org/images/thumbnails75h/medfly3.jpg&imgrefurl>)

1.5 Βιολογικός κύκλος

Η μύγα της Μεσογείου είναι πολυκυκλικό έντομο και ανάλογα με το κλίμα της περιοχής και τους ξενιστές συμπληρώνει 3 – 7 γενεές το έτος. Σε θερμές περιοχές όλα τα στάδια του εντόμου μπορεί να είναι δραστήρια όλο το έτος. Σε πιο ψυχρές περιοχές όμως, η μύγα της Μεσογείου φαίνεται πως διαχειμάζει σαν προνύμφη μέσα σε προσβεβλημένους καρπούς. (Papadopoulos et al, 1996).

Μετά την έξοδό τους από το νυμφικό περίβλημα, τα ενήλικα διατρέφονται με τροφές που περιέχουν σάκχαρα και πρωτεΐνες και ωριμάζουν αναπαραγωγικά. Αφού συζευχθούν, τα θηλυκά ωοτοκούν σε ημιώριμους ή ώριμους καρπούς. Συγκεκριμένα το θηλυκό, τρυπά με τον ωοθέτη την επιφάνεια των φρούτων και γεννά αυγά σε ομάδες των 1-10, αποθέτοντάς τα στο περικάρπιο ή στο μεσοκάρπιο. Σε φυσιολογικές συνθήκες κάθε θηλυκό άτομο μπορεί να γεννήσει κατά μέσο όρο 250 αυγά (Katsoyannos, 1996), τα οποία μετά από 2-4 ημέρες εκκολάπτονται σε προνύμφες πρώτου σταδίου. Η προνύμφη ζει μέσα στο φρούτο και τρέφεται από αυτό ορύσσοντας στοές και καταστρέφοντας τον καρπό. Πολλές φορές εκτός από την άμεση υποβάθμιση του καρπού λόγω της διατροφής της προνύμφης, παρατηρείται και έμμεση ζημιά λόγω δευτερογενών μολύνσεων από μύκητες και βακτήρια. Το προνυμφικό στάδιο διαρκεί 6-11 ημέρες κατά τη διάρκεια των οποίων η προνύμφη υφίσταται δυο εκδύσεις. Όταν η προνύμφη είναι έτοιμη να νυμφωθεί ανέρχεται στην επιφάνεια του καρπού και με χαρακτηριστικό τρόπο εκτινάσσεται στο έδαφος. Αμέσως εισέρχεται στο χώμα όπου και νυμφώνεται μέσα σε λίγες ώρες. Το νυμφικό περίβλημα που σχηματίζεται έχει σκούρο καφέ χρώμα και μετά από 7-11 ημέρες εξέρχεται από αυτό το ενήλικο άτομο.

Τα ενήλικα είναι αναπαραγωγικά ώριμα μετά από 14-15 ημέρες και συνήθως ζουν μέχρι 2 μήνες. Στο φυσικό περιβάλλον η διάρκεια ζωής των ενηλίκων ποικίλει ανάλογα με τις εξωτερικές συνθήκες και μπορεί να διαρκέσει έως και 3 μήνες (Τζανακάκης & Κατσόγιαννος 1998) (Εικόνα 7).



Εικόνα 7 : Βιολογικός κύκλος της μύγας της Μεσογείου

1.6 Αντιμετώπιση

Η αντιμετώπιση του εντόμου βασίζεται στην παρακολούθηση του πληθυσμού των ενηλίκων. Η παρακολούθηση γίνεται είτε με τη χρήση τροφικών και φερομονικών παγίδων (McPhail, Jackson) (Εικόνα 8α,β) είτε με δειγματοληψίες καρπών. Η καταπολέμηση των εντόμων γίνεται με τη διενέργεια δολωματικών ή ψεκασμών καλύψεως κυρίως με οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα (Katsoyannos et al., 1999).

Εκτός από τη χημική μέθοδο καταπολέμησης, εφαρμόζονται και άλλα μέτρα όπως η εξαπόλυση στείρων εντόμων, η μαζική παγίδευση, η βιολογική καταπολέμηση, καθώς και πλήθος καλλιεργητικών και νομοθετικών μέτρων. Όσον αφορά τη μέθοδο εξαπόλυσης στείρων εντόμων έχει ως στόχο τη στείρωση και εξαπόλυση στην ύπαιθρο μεγάλου αριθμού αρσενικών έτσι ώστε με την σύζευξη με θηλυκά του άγριου πληθυσμού στόχου την παραγωγή άγονων αυγών (Dyck et al., 2005)

Με τη μέθοδο της μαζικής παγίδευσης μπορούμε να έχουμε ικανοποιητικά αποτελέσματα, ειδικά όταν το επίπεδο του πληθυσμού είναι χαμηλό (Τσανακάκης και Κατσόγιαννος, 1998). Η αποτελεσματικότητα των παγίδων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το σχέδιο, το χρώμα και το σχήμα του (Katsoyannos, 1994).

Για τη βιολογική καταπολέμηση της μύγας της Μεσογείου χρησιμοποιούνται παρασιτοειδή (τα οποία εκτρέφονται και εξαπολύονται) κυρίως της οικογένειας Braconidae, όπως για παράδειγμα το *Diachasmimorpha longicaudata* (Paranhos et al., 2002). Σε διάφορες μελέτες αναφέρετε ότι τα παρασιτοειδή της μύγας της Μεσογείου, που προήλθαν από νύμφες που συλλέχθηκαν από

καφέ στη Χαβάη, ήταν το *Fopius arisanus* (Hymenoptera, Braconidae) (Vargas et al., 2001) και από σύκα στη Χίο το *Aganaspis daci* (Papadopoulos and Katsoyannos, 2003). Γενικά η βιολογική καταπολέμηση με παρασιτοειδή μπορεί να συνδυαστεί με επιτυχία με τη μέθοδο εξαπόλυσης στερημένων εντόμων (Vreysen et al., 2007).

Επίσης για τη βιολογική καταπολέμηση μπορούν να χρησιμοποιηθούν εντομοπαθογόνοι, μύκητες, ιοί και νηματώδεις. Για παράδειγμα, πρόσφατα έχουν χρησιμοποιηθεί σε εργαστηριακό επίπεδο εντομοπαθογόνοι μύκητες και συγκεκριμένα τα είδη *Beauveria bassiana* και *Metarhizium anisopliae* με ενθαρρυντικά αποτελέσματα (Quesada-Moraga et al., 2006, 2008).

Νεότερα πειραματικά δεδομένα δείχνουν ότι οι πληθυσμοί της μύγας της Μεσογείου μπορεί να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά με στείρωση των ενηλίκων στο φυσικό τους περιβάλλον, χρησιμοποιώντας παγίδες που περιέχουν τροφικά ελκυστικά αναμεμειγμένα με ρυθμιστές της ανάπτυξης των εντόμων (Insect growth regulators, IGRs) (Casana-Giner et al., 1999).

Τέλος στα καλλιεργητικά μέτρα αντιμετώπισης ανήκουν η συλλογή και καταστροφή των προσβεβλημένων καρπών πριν τη συγκομιδή, καθώς και η καταστροφή των μη καλλιεργούμενων άγριων ξενιστών του εντόμου. Επίσης, γίνεται μετασυλλεκτικά, απεντόμωση των φρούτων. Υπάρχουν και νομοθετικά μέτρα τα οποία αφορούν κυρίως στη θέσπιση αυστηρών κανόνων «καραντίνας» με σκοπό να αποτραπεί η εισαγωγή του εντόμου σε περιοχές που δεν υπάρχει.

α)



β)



Εικόνα 8: Φερομονικές παγίδες τύπου McPhail (α) και τύπου Jackson (β)

(<http://www.google.gr/imgres?imgurl>)

1.7 Αναπαραγωγική συμπεριφορά της Μύγας της Μεσογείου

Η αναπαραγωγική συμπεριφορά της μύγας της Μεσογείου έχει μελετηθεί εκτενώς και πολλές από τις μελέτες αυτές αφορούν στο σεξουαλικό κάλεσμα των αρσενικών. Τα αρσενικά άτομα της μύγας της Μεσογείου είναι πολυγαμικά δηλαδή συζευγνύονται με όσο το δυνατόν περισσότερα θηλυκά ανταποκριθούν στο κάλεσμά τους. Αντίθετα τα θηλυκά είναι ολιγογαμικά, δηλαδή αρκούνται σε μια με δύο συζεύξεις σε όλη τη διάρκεια ζωής τους (Bonizzoni et al., 2002).

Η σεξουαλική συμπεριφορά των αρσενικών του *C. capitata* ολοκληρώνεται σε τρία στάδια: το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει το σεξουαλικό κάλεσμα (calling) για την προσέλκυση των θηλυκών από τα αρσενικά. Στο δεύτερο στάδιο έχουμε την εκδήλωση της ερωτοτροπίας (courting) των αρσενικών αφού πρώτα πλησιάσουν τα θηλυκά και στο τρίτο στάδιο έχουμε τη σύζευξη. Ο Feron το 1962 διαχώρισε τα τρία στάδια που αποτελούν τη σεξουαλική συμπεριφορά του συγκεκριμένου είδους ως εξής: την περίοδο όπου τα αρσενικά περιμένουν, την περίοδο που φθάνουν τα θηλυκά και τη περίοδο επίθεσης και σύζευξης.

Πιο αναλυτικά, κατά την διάρκεια του πρώτου σταδίου, τα αρσενικά συναθροίζονται στην κάτω επιφάνεια των φύλλων σχηματίζοντας τα λεγόμενα “leks” όπου εκδηλώνουν σεξουαλικό κάλεσμα (calling). Το σεξουαλικό κάλεσμα περιλαμβάνει την έκλυση σεξουαλικής φερομόνης που προσελκύει τα θηλυκά. Η στάση των αρσενικών κατά το σεξουαλικό κάλεσμα είναι χαρακτηριστική. Συστρέφουν την κοιλιά τους προς τα πάνω εκθέτοντας το

τελευταίο τμήμα του εδραίου επιθηλίου (Arita and Kaneshiro, 1986) (Εικόνα 9α,β).

Όταν τα αρσενικά συναθροίζονται στην κάτω επιφάνεια του φύλλου το πρώτο πράγμα που προσπαθούν να κάνουν είναι να χωροθετήσουν τη δική τους περιοχή. Κάθε διαφορετική θέση μέσα στα “leks” ανήκει σε ένα και μόνο αρσενικό που την υπερασπίζεται. Τα αρσενικά ανταγωνίζονται μεταξύ τους να διατηρήσουν τη θέση τους εντός του “lek”. Αυτός είναι ένας τρόπος έλξης για τα θηλυκά, αφού αντιλαμβάνονται το αρσενικό που κυριαρχεί σε κάθε περιοχή και το πλησιάζουν με μόνο σκοπό τη σύζευξη. Η κυριαρχία ενός αρσενικού για μια καλύτερη περιοχή μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα την επιτυχία στο ζευγάρωμα. Ακόμα τα αρσενικά εκτός από την υπεράσπιση του χώρου θα πρέπει να είναι σε θέση να εκτελέσουν ερωτοτροπία έτσι ώστε να γίνουν αποδεκτά από το θηλυκό (Arita and Kaneshiro, 1989).

Η θέση συγκέντρωσης των αρσενικών για τη δημιουργία “leks”, εξαρτάται από δύο σημαντικές περιβαλλοντικές παραμέτρους. Πρώτα επηρεάζεται από την κατεύθυνση του ανέμου. Συνήθως τα αρσενικά τοποθετούνται και δημιουργούν τα “leks” ενάντια στον άνεμο έτσι ώστε οι φερομόνες να διασπείρονται μέσα στο δέντρο και όχι μακριά από αυτό. Αυτό μπορεί να χρησιμεύει όχι μόνο για να προσελκύσουν τα θηλυκά μέσα στα “leks” αλλά και για την προσέλκυση θηλυκών στα συγκεκριμένα δέντρα (Arita and Kaneshiro, 1989). Επιπλέον επηρεάζεται από την ένταση του φωτός. Η θέση του αρσενικού στην κάτω επιφάνεια του φύλλου θα πρέπει να είναι τέτοια έτσι ώστε όταν το θηλυκό φθάσει στην επάνω επιφάνεια να μπορεί να το αντιληφθεί από την αντανάκλαση του φωτός. Για να μπορέσουν τα αρσενικά να αντιληφθούν αυτήν την αντανάκλαση του θηλυκού θα πρέπει να βρίσκονται

σε τμήμα του φύλλου που λαμβάνει άμεση ηλιακή ακτινοβολία (Arita and Kaneshiro, 1989).

Τέλος το σύστημα των “leks” θεωρείται ως αναπόσπαστο μέρος της σεξουαλικής συμπεριφοράς που αφορά το είδος της μύγας της Μεσογείου (Arita and Kaneshiro, 1985).

Προχωρώντας στο δεύτερο στάδιο της σεξουαλικής συμπεριφορά του είδους *C. capitata*, σειρά έχει η ερωτοτροπία (courting) των αρσενικών. Όταν τα αρσενικά προσεγγίσουν ένα θηλυκό, μια σειρά από μηνύματα, γνωστά ως ερωτοτροπία, ανταλλάσσονται μεταξύ τους. Η ερωτοτροπία αρχίζει όταν το θηλυκό έρχεται στο “έδαφος” του αρσενικού και όταν καταλάβει το αρσενικό ότι πρόκειται για θηλυκό (Arita and Kaneshiro, 1989) (Εικόνα 10). Η ερωτοτροπία των αρσενικών ολοκληρώνεται σε τρεις φάσεις: (α) “preliminary phase” (προκαταρκτική φάση), η οποία αποτελείται από το κούνημα των πτερύγων. Σ’ αυτό το στάδιο παίζουν σπουδαίο ρόλο οι οσμές. (β) “subsequent close-range phase (στενή φάση), η οποία αποτελείται από το κούνημα του κεφαλιού και των πτερύγων. Σ’ αυτό το στάδιο σπουδαίο ρόλο παίζουν τα οπτικά και τα δονητικά ερεθίσματα. (γ) “contact phase” (φάση επαφής) η οποία αποτελείται από το κούνημα του σώματος και το τρίψιμο της κοιλιάς του θηλυκού.

Ανάλυση της κίνησης της πτέρυγας δείχνει ότι υπάρχει ένα σαφές σχέδιο που αφορά την συμπεριφορά ζευγαρώματος του αρσενικού. Φαίνεται ότι οι δονήσεις των πτερύγων μπορούν να διευκολύνουν τη διασπορά των φερομονών προς την κατεύθυνση του θηλυκού που βρίσκεται στην πάνω επιφάνεια του φύλλου.

Καθ' όλη τη διάρκεια που το θηλυκό πλησιάζει, το αρσενικό έχει την κοιλιά του κάτω από το σώμα του με το επιθήλιο του ορθού να στρέφεται προς τα έξω. Ένα κοιλιακό τμήμα εξακολουθεί να διογκώνεται συνεχίζοντας τις δονήσεις των πτερύγων. Όταν το θηλυκό αλλάζει κατεύθυνση, ενώ πλησιάζει το αρσενικό, το αρσενικό θα προβεί σε αντίστοιχη αλλαγή κατεύθυνσης έτσι ώστε να έρθουν πρόσωπο με πρόσωπο. Όταν το θηλυκό είναι 3-5χιλ κοντά από το αρσενικό, ξεκινάει μια σειρά από κινήσεις του κεφαλιού, όπου το αρσενικό κουνάει το κεφάλι του και προς τις δύο κατευθύνσεις με ανώτατο όριο τις 30 μοίρες (Arita and Kaneshiro, 1989). Αυτή η συμπεριφορά των αρσενικών κατά τη διάρκεια της ερωτοτροπίας χρησιμεύει έτσι ώστε το θηλυκό να αποφασίσει αν θα μείνει, δηλαδή να δεχθεί το αρσενικό, ή αν θα φύγει και θα εγκαταλείψει το φύλλο. Σε οποιοδήποτε σημείο της ερωτοτροπίας το θηλυκό είναι σε θέση να απορρίψει το αρσενικό και να φύγει (Arita and Kaneshiro, 1989).

Πειράματα που έγιναν από τους Lance και συνεργάτες (2000) έδειξαν ότι άγρια θηλυκά είχαν περισσότερες πιθανότητες να απορρίψουν αρσενικά που εκτράφηκαν σε εργαστήριο έναντι άγριων αρσενικών, κατά τη διάρκεια της ερωτοτροπίας.

Τέλος τα αρσενικά που εκδηλώνουν τα διαδοχικά στάδια της ερωτοτροπίας με τη σωστή σειρά και στο σωστό χρόνο θα ικανοποιήσουν μεγαλύτερο αριθμό θηλυκών με αποτέλεσμα μεγαλύτερη επιτυχία σύζευξης σε σχέση με άλλα αρσενικά (Arita and Kaneshiro, 1989).

Το τρίτο και τελευταίο στάδιο στη σεξουαλική συμπεριφορά του *C. capitata* είναι η σύζευξη. Τα αρσενικά σταματάνε την διαδικασία της ερωτοτροπίας 0,3

sec πριν πηδήξουν πάνω στο θηλυκό και προσπαθήσουν για σύζευξη (R.D Briceno et al, 1996). Σ' αυτό το στάδιο το θηλυκό έχει πάλι τη δυνατότητα να αλλάξει γνώμη και να απορρίψει το αρσενικό. Αν αυτό δεν γίνει αρχίζει η διαδικασία της σύζευξης (Εικόνα 11). Μερικές φορές κατά τη διάρκεια της σύζευξης συνεχίζουν να βουίζουν τις πτέρυγές τους. Αυτές οι δονήσεις μπορεί να αποσκοπούν στην αύξηση του χρόνου ζευγαρώματος ή στο να κρατήσουν την ισορροπία του αρσενικού. Σε όλη τη διάρκεια της σύζευξης κρατάει το θηλυκό από την άκρη της κοιλιάς του (Eberhard and Pereira, 1993). Σ' αυτό το τελευταίο στάδιο της σύζευξης το αρσενικό προσπαθεί να κρατήσει το θηλυκό όση περισσότερη ώρα μπορεί έτσι ώστε μετά τη σύζευξη το συγκεκριμένο θηλυκό να μην αναζητήσει άλλο σύντροφο για δεύτερη σύζευξη.

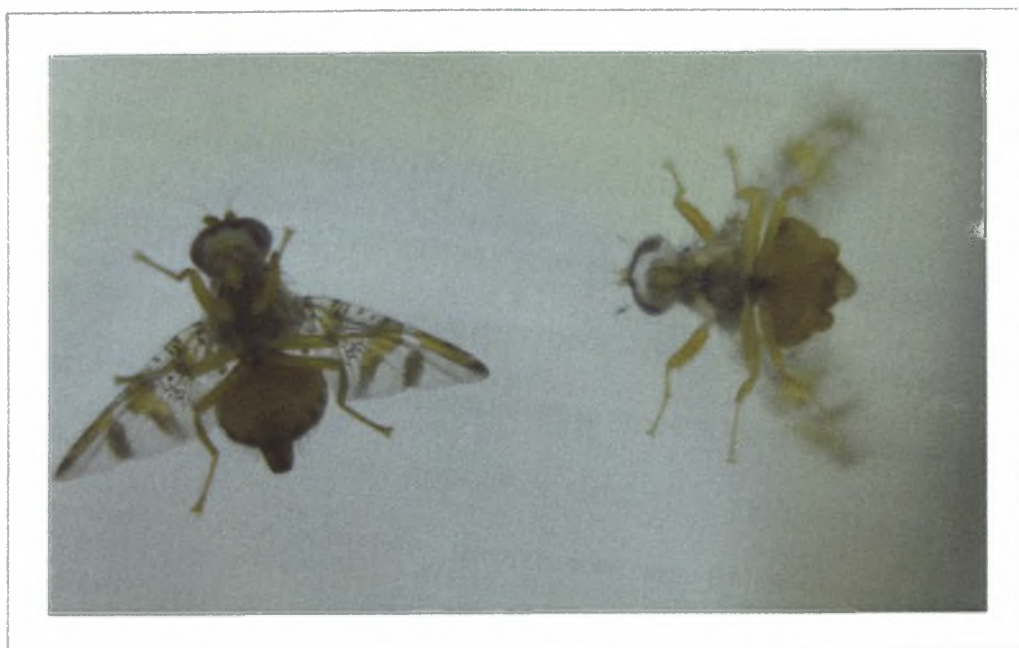


α)



β)

Εικόνα 9: Σεξουαλικό κάλεσμα (calling) αρσενικού στη κάτω επιφάνεια τεχνητού φύλλου
(α,β) Ομάδα αρσενικών που εκδηλώνει σεξουαλικό κάλεσμα (calling) σε lek.



Εικόνα 10: Ερωτοτροπία αρσενικού όταν το θηλυκό πλησιάζει.



Εικόνα 11: Σύζευξη

1.8 Επίδραση ερεθισμάτων και προηγούμενης εμπειρίας στην σεξουαλική συμπεριφορά των αρσενικών.

Τα έντομα της οικογένειας Tephritidae έχουν μελετηθεί εντατικά με σκοπό την ανάλυση της σεξουαλικής τους συμπεριφοράς. Δύο από τους παράγοντες στους οποίους δόθηκε ιδιαίτερη σημασία στην προσπάθεια κατανόησης της σεξουαλικής συμπεριφοράς των αρσενικών είναι: α) η επίδραση διαφόρων ερεθισμάτων όπως π.χ. οπτικών, οσφρητικών και β) οι προηγούμενες εμπειρίες των αρσενικών.

Πλήθος πειραμάτων που έγινε σε αρσενικά, χρησιμοποιώντας οσμές από διάφορες ουσίες και ιδιαίτερα αιθέρια έλαια, τα οποία παίρνουμε από συγκεκριμένα μέρη φυτών, έδειξαν ότι μπορούν να αυξήσουν την επιτυχία σύζευξης. Συγκεκριμένα, αρσενικά του *C. capitata* που είχαν εκτεθεί σε άρωμα ελαίου ρίζας τζίντζερ βελτίωσαν την σεξουαλική τους ανταγωνιστικότητα, καθώς τα θηλυκά τα διέκριναν οσφρητικά και τα επέλεγαν περισσότερο για σύζευξη (Shelly et al., 2007). Επίσης, αρσενικά που εκτέθηκαν σε έλαια από φλούδα πορτοκαλιού πέτυχαν περισσότερες συζεύξεις σε σχέση με αυτά που εκτέθηκαν σε απλό νερό (Paradopoulos et al. 2001). Σημαντικά ήταν τα αποτελέσματα της έρευνας τον Dukas και Mooers (2003) σε αρσενικά του είδους *Drosophila melanogaster*. Στην έρευνα αυτή έγινε εμπλουτισμός του περιβάλλοντος με οπτικά ερεθίσματα με αποτέλεσμα την αύξηση της αποδοχής των αρσενικών από τα θηλυκά και αύξηση της επίτευξης συζεύξεων.

Πειράματα που έγιναν σε διάφορα είδη εντόμων της τάξης Diptera καθώς και της οικογένειας Tephritidae έδειξαν ότι ο χώρος για κάθε αρσενική μύγα

αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα για τη σεξουαλική του συμπεριφορά. Συγκεκριμένα τα αρσενικά που στην πρώιμη ενήλικη ζωή διατηρούνταν σε μικρές ομάδες πέτυχαν μεγαλύτερα ποσοστά συζεύξεων από αυτά που ζούσαν σε μεγαλύτερες ομάδες (Diaz-Fleischer et al., 2009). Πιο αναλυτικά, για το γένος *Drosophila*, φαίνεται ότι ο χώρος που αναλογεί σε κάθε άτομο παίζει το σημαντικότερο ρόλο για τη βελτίωση ή τη διατήρηση ορισμένων χαρακτηριστικών στη συμπεριφορά του που αυξάνουν την ατομική επιτυχία ζευγαρώματος (Dukas and Mooers, 2003). Ακόμη, πειράματα στο είδος *D. melanogaster* έδειξαν ότι αρσενικά που διατηρούνταν ατομικά ζευγάρωναν ευκολότερα τόσο με τα θηλυκά που διατηρούνταν ατομικά όσο και με θηλυκά που διατηρούνταν σε ομάδες (Ellis and Kessler, 1975).

Ο τρόπος διατήρησης των αρσενικών (ατομικά – μαζικά) φαίνεται ότι επιδρά και στα χαρακτηριστικά της σύζευξης. Αρσενικά *D. pseudoobscura* που διατηρούνταν σε ομάδες: α) καθυστερούσαν να ξεκινήσουν τη διαδικασία ερωτοτροπίας και β) πετύχαιναν μικρότερης διάρκειας συζεύξεις από ότι τα αρσενικά που διατηρούνταν ατομικά (Noor 1997). Η διατήρηση αρσενικών του είδους *D. paulistorum* σε ατομικά κλουβιά αύξησε τόσο το ποσοστό ερωτοτροπίας όσο και την επιτυχία σύζευξης σε σχέση με τα αρσενικά που διατηρούνταν μαζικά (Kim and Ehrman, 1998). Ακόμη, τα πιο έμπειρα αρσενικά κατάφερναν να βελτιώσουν την σεξουαλική τους συμπεριφορά και κατ' επέκταση να αυξήσουν τον αριθμό των συζεύξεων (Dukas, 2005).

1.9 Σκοπός

Η σεξουαλική συμπεριφορά της μύγας της Μεσογείου, *C. Capitata* έχει μελετηθεί εκτενώς. Αρκετές από τις σχετικές μελέτες αφορούν στην επίδραση της τροφής (Yuval et al. 2002) και των οσμηρών ερεθισμάτων (Shelly 2000, Papadopoulos et al. 2001, Shelly 2001, Shelly and McInnis 2001, 2003, Papadopoulos et al. 2006) στην σεξουαλική συμπεριφορά των αρσενικών και στη σεξουαλική τους ανταγωνιστικότητα. Επίσης, είναι γνωστό πως η επίδραση ερεθισμάτων (οπτικών, οσμηρών κ.α.) επηρεάζει θετικά τη σύζευξη αρσενικών δροσόφιλας (Dukas and Mooers 2003). Παρόλα αυτά δεν υπάρχουν στοιχεία σχετικά με την επίδραση των οπτικών ερεθισμάτων στη σεξουαλική και αναπαραγωγική συμπεριφορά της μύγας της Μεσογείου. Υποθέτουμε ότι η εμπειρία των ενήλικων αρσενικών και συγκεκριμένα η έκθεση τους σε περιβάλλον με πολλά οπτικά ερεθίσματα επηρεάζει θετικά τη σεξουαλική τους συμπεριφορά.

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης των οπτικών ερεθισμάτων στην αναπαραγωγική συμπεριφορά των αρσενικών της μύγας της Μεσογείου και συγκεκριμένα στο σεξουαλικό κάλεσμα (calling) και στην σεξουαλική τους ανταγωνιστικότητα έναντι αρσενικών που δεν θα έχουν εκτεθεί σε οπτικά ερεθίσματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Συνθήκες εργαστηρίου και έντομα

Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν στους χώρους του Εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας από το Μάρτιο έως το Σεπτέμβριο του 2008. Οι συνθήκες που επικρατούσαν τόσο κατά τη διατήρηση των εντόμων όσο και κατά τη διεξαγωγή των πειραμάτων ήταν σταθερές: θερμοκρασία 25 ± 1 °C, σχετική υγρασία $65 \pm 5\%$ και φωτοπερίοδος 14: 10 Φ:Σ με τη φωτόφαση να ξεκινά στις 07:00.

Για τη διεξαγωγή των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκαν έντομα που εκτράφηκαν για μια γενιά στο εργαστήριο (F_1) και προήλθαν από άγριο τοπικό πληθυσμό της μύγας της Μεσογείου. Ο άγριος πληθυσμός προήλθε από προσβεβλημένους καρπούς (κυρίως εσπεριδοειδή) που συλλέχθηκαν στην Αγχίαλο Μαγνησίας. Συγκεκριμένα, η συλλογή γινόταν από πρόσφατα προσβεβλημένους καρπούς που βρίσκονταν κάτω από τα δέντρα φυτών-ξενιστών. Οι προσβεβλημένοι καρποί μεταφέρονταν στο εργαστήριο σε σταθερές συνθήκες ($25 \pm 1^\circ\text{C}$) και τοποθετούνταν σε πλαστικές λεκάνες, επάνω σε λεπτό στρώμα αποστειρωμένης άμμου που αποτελούσε το υπόστρωμα νύμφωσης. Οι νύμφες συλλέγονταν και τοποθετούνται σε πλαστικά τρυβλία διαμέτρου 5cm.

Τα ενήλικα και των δύο φυλών μετά από την έξοδό τους από τις νύμφες μεταφέρονταν σε ομάδες των 100-200 σε ξύλινα κλουβιά διαστάσεων 30 x 30

x 30. Σε κάθε κλουβί τοποθετούνταν νερό σε πλαστικά φιαλίδια με φυτίλι και τροφή η οποία αποτελούνταν από μείγμα υδρολυμένης πρωτεΐνης (MP Biomedicals, Ohio, USA), ζάχαρης και νερού σε αναλογία 1:4:5 αντίστοιχα.

Η ωοτοκία των θηλυκών γινόταν σε τεχνητά κοίλα πλαστικά ημισφαίρια, χρώματος κόκκινου, πάχους 1,5mm, διαμέτρου 5cm και με 40-50 ομοιόμορφα κατανεμημένες οπές διαμέτρου 1mm, όπου τα θηλυκά τοποθετούσαν τον ωοθέτη και απέθεταν τα αυγά τους στο εσωτερικό τους. Το κάθε πλαστικό, κοίλο ημισφαίριο ήταν τοποθετημένο στη βάση ενός τρυβλίου. Στη βάση του τρυβλίου υπήρχε νερό, έτσι ώστε η σχετική υγρασία κάτω από το πλαστικό ημισφαίριο να διατηρείται σε τέτοια επίπεδα έτσι ώστε να επιτρέπουν την ωοτοκία των θηλυκών (Boller, 1985) αλλά και χυμός πορτοκαλιού για τη διέγερση των θηλυκών για ωοτοκία. Τα αυγά, με τη βοήθεια μαλακού πινέλου μεταφέρονταν σε θρεπτικό υπόστρωμα κατάλληλο για την εκκόλαψή τους και την ανάπτυξη των προνυμφών. Το υπόστρωμα αποτελούνταν από δίσκους βάμβακος διαμέτρου 5cm εμποτισμένους με 10ml ημίρρευστης τεχνητής τροφής. Σε κάθε δίσκο βάμβακος με τεχνητή τροφή τοποθετούνταν 100-150 αυγά και τοποθετούνταν μέσα σε πλαστικά τρυβλία Petri διαμέτρου 9cm τα οποία είχαν αποστειρωθεί με καθαρό οινόπνευμα. Τα τρυβλία κλείνονταν και τοποθετούνταν σε λεκάνες, πάνω σε λεπτό στρώμα άμμου. Η ανάπτυξη των προνυμφών στο θρεπτικό υπόστρωμα ολοκληρωνόταν σε 7-8 ημέρες σε θερμοκρασία 25°C μετά την εκκόλαψη των αυγών και η νύμφωση πραγματοποιούνταν στην άμμο μετά το άνοιγμα των τρυβλίων. Οι νύμφες της F1 γενεάς συλλέγονταν σε πλαστικά τρυβλία και 1- 2 ημέρες πριν την έξοδο των ενηλίκων τα τρυβλία τοποθετούνταν σε κλουβιά Plexiglass διαστάσεων 30x30x30 με τροφή και νερό. Καθημερινά ελεγχόταν η έξοδος των ενηλίκων.

2.2 Μεθοδολογία

2.2.1 Δοκιμές σύζευξης

Για τη μελέτη της επίδρασης των οπτικών ερεθισμάτων στη σεξουαλική ανταγωνιστικότητα των αρσενικών της μύγας της Μεσογείου διαμορφώθηκαν κατάλληλα 4 κλουβιά από Plexiglas διαστάσεων 60x60x60 cm. Συγκεκριμένα στα 2 από τα 4 κλουβιά τοποθετήθηκαν χρωματιστές, πλαστικές σφαίρες διαμέτρου 7cm και πλαστικά κλαδιά με φύλλα που αποτελούσαν τα οπτικά ερεθίσματα ενώ τα άλλα δύο κλουβιά διατηρήθηκαν άδεια. Πιο αναλυτικά, σε κάθε κλουβί οπτικών ερεθισμάτων τοποθετήθηκε 1 κόκκινη, 1 πράσινη, 1 κίτρινη, 1 μπλε σφαίρα και 4 πλαστικά κλαδιά με φύλλα. Τα κλαδιά τοποθετήθηκαν στις 4 γωνίες του κλουβιού και οι τέσσερις μπάλες στο κέντρο. Όλα τα οπτικά ερεθίσματα κρεμαστήκαν με διαφανή πλαστικό νήμα από μικρές οπές στο επάνω τμήμα του κλουβιού (Εικόνα 12α,β). Τα υπόλοιπα 2 κλουβιά, όπου θα τοποθετούνταν τα αρσενικά που δε θα εκτίθεντο σε οπτικά ερεθίσματα, έμειναν κενά και απομονώθηκαν από κάθε είδος οπτικής επαφής (Εικόνα 13).

Μετά την έξοδο από το νυμφικό περίβλημα, 200 αρσενικά (F_1) διαχωρίστηκαν από τα θηλυκά και τοποθετήθηκαν στα 4 ειδικά διαμορφωμένα κλουβιά Plexiglas. Συγκεκριμένα, 100 αρσενικά τοποθετήθηκαν (ανά 50) στα δύο κλουβιά με τα οπτικά ερεθίσματα και άλλα 100 τοποθετήθηκαν αντίστοιχα στα δύο άδεια (χωρίς οπτικά ερεθίσματα) κλουβιά. Επιπλέον, 100 θηλυκά τοποθετήθηκαν σε ομάδες των πέντε ατόμων, σε ατομικά πλαστικά κλουβάκια. Αρσενικά και θηλυκά είχαν απεριόριστη πρόσβαση σε τροφή (ζάχαρη και υδρολυμένη πρωτεΐνη) και νερό.

Τη 14^η ημέρα μετά την έξοδο από το νυμφικό τους περίβλημα (μία ημέρα πριν τη δοκιμή σύζευξης) τα αρσενικά των δύο μεταχειρίσεων σημάνθηκαν στο θώρακα με νερομπογιά διαφορετικού χρώματος (πράσινη, κόκκινη) για να είναι δυνατός ο διαχωρισμός τους. Αναλυτικά, τα αρσενικά τοποθετούνταν ατομικά, με τη βοήθεια του “aspirator”, σε ειδικά διαμορφωμένο “φάκελο” από οργαντίνα (Εικόνα 14α). Η ακινητοποίηση του εντόμου πραγματοποιούνταν ασκώντας ήπια πίεση στην οργαντίνα μπροστά και πίσω από το σώμα του εντόμου και η σήμανση γινόταν βάφοντας μια μικρή τελεία στο θώρακα (Εικόνα 14β). Μετά τη σήμανση, 10 αρσενικά που εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα και 10 αρσενικά που δεν εκτέθηκαν, τοποθετήθηκαν σε κλουβί Plexiglas διαστάσεων 20X20X20 cm προκειμένου να προσαρμοστούν στο νέο περιβάλλον. Συνολικά ετοιμάστηκαν 11 επαναλήψεις (Εικόνα 15).

Την 15^η μέρα, μετά την έξοδο των εντόμων από το νυμφικό περίβλημα πραγματοποιήθηκε η δοκιμή σύζευξης. Νωρίς το πρωί (6:30) τοποθετήθηκαν σε κάθε κλουβί Plexiglas (επανάληψη) 10 παρθένα, αναπαραγωγικά ώριμα θηλυκά. Από τις 8:00 έως τις 16:00, κάθε 15 λεπτά καταγραφόταν ο αριθμός των συζεύξεων που πετύχαιναν τα αρσενικά που είχαν εκτεθεί σε οπτικά ερεθίσματα και τα αρσενικά που δεν είχαν εκτεθεί κάθε επανάληψης. Επιπλέον, καταγραφόταν η διάρκεια κάθε σύζευξης και ο χρόνος έως την έναρξη της σύζευξης (Εικόνα 15). Όταν σημειωνόταν μια σύζευξη, το ζευγάρι απομακρυνόταν προσεκτικά από το κλουβί και τοποθετούνταν σε ατομικό κλουβάκι μέχρι την ολοκλήρωση της σύζευξης. Επιπλέον, από το κλουβί απομακρυνόταν και ένα αρσενικό της άλλης μεταχείρισης ώστε η αναλογία των δύο κατηγοριών σε κάθε επανάληψη παραμένει σταθερή.

2.2.2 Σεξουαλικό κάλεσμα

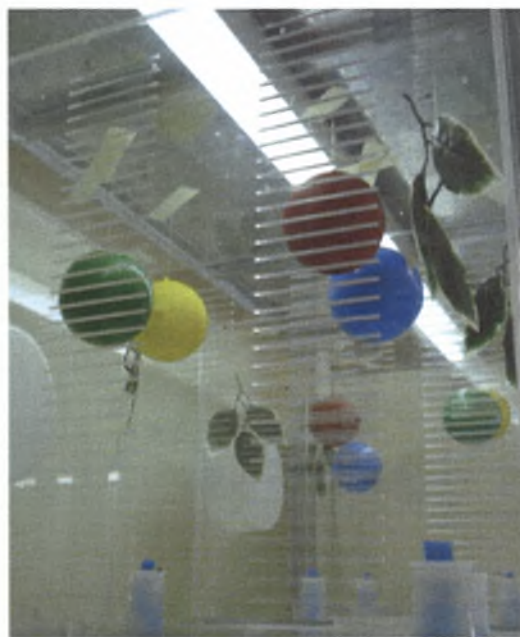
Για τη μελέτη της επίδρασης των οπτικών ερεθισμάτων στο σεξουαλικό κάλεσμα των αρσενικών, διαμορφώθηκαν δύο κλουβιά από Plexiglas διαστάσεων 60x60x60 cm. Στο ένα από τα δύο κλουβιά τοποθετήθηκαν οπτικά ερεθίσματα ενώ το άλλο διατηρήθηκε άδειο (βλέπε § 2.2.1) (Εικόνα 16). Σε κάθε κλουβί διατηρήθηκαν 100 αρσενικά για 16 ημέρες και τις 3 τελευταίες ημέρες καταγράφηκε η εκδήλωση της σεξουαλικής τους συμπεριφοράς (Εικόνα 17). Συγκεκριμένα, τη 14^η, 15^η και 16^η ημέρα, με συνεχείς παρατηρήσεις (κάθε 15 λεπτά) από τις 7:00 έως τις 16:00, καταγραφόταν ο αριθμός των αρσενικών που εκδήλωναν σεξουαλικό κάλεσμα σε κάθε κλουβί και η θέση του κάθε αρσενικού στο κλουβί (χρώμα σφαίρας, φύλλο, τοίχωμα κλουβιού).

2.3 Στατιστική ανάλυση

Η ανάλυση των στοιχείων πραγματοποιήθηκε με παραμετρικές μεθόδους χρησιμοποιώντας το στατιστικό πακέτο SPSS 13.00 (SPSS Inc., Chicago, IL, U.S.A.). Συγκεκριμένα, η επίδραση των οπτικών ερεθισμάτων στο ποσοστό των συζεύξεων, στο χρόνο έως την έναρξη της σύζευξης και στη διάρκεια της σύζευξης εκτιμήθηκε με t-test. Η επίδραση της ηλικίας (14^η, 15^η και 16^η ημέρα), της ώρας και των οπτικών ερεθισμάτων στη συχνότητα του σεξουαλικού καλέσματος εκτιμήθηκε επίσης με t-test.



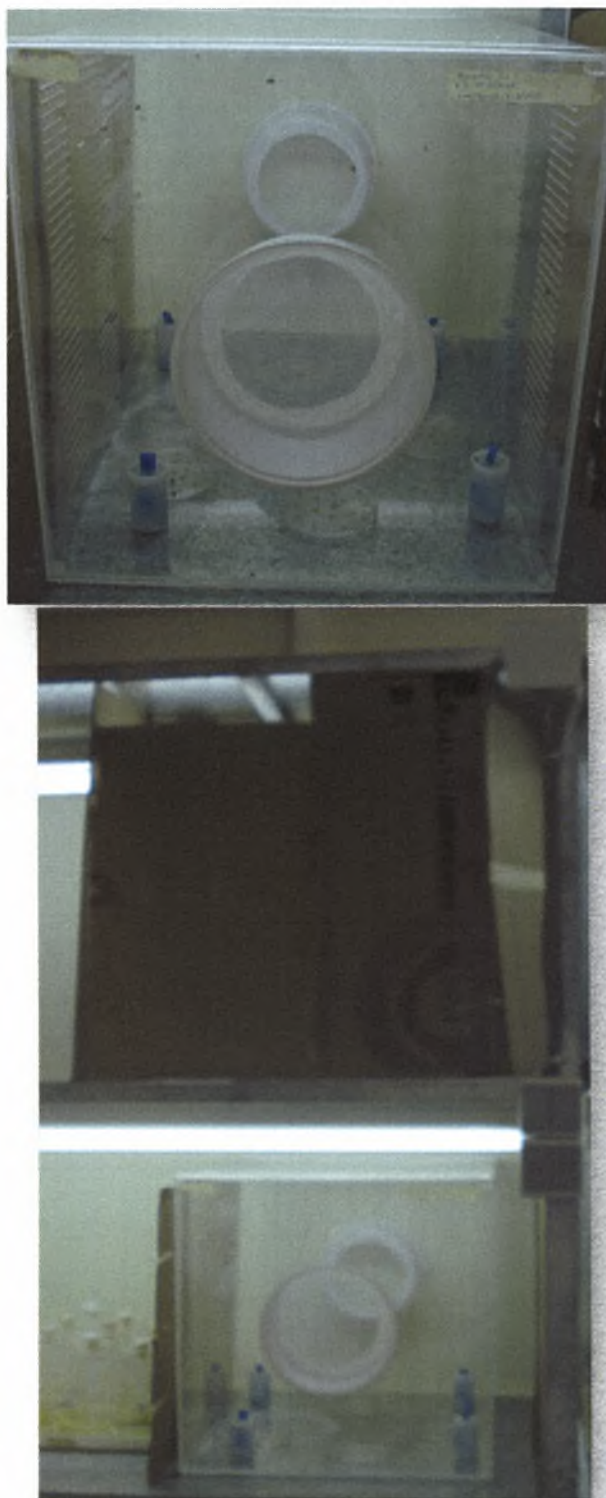
α)



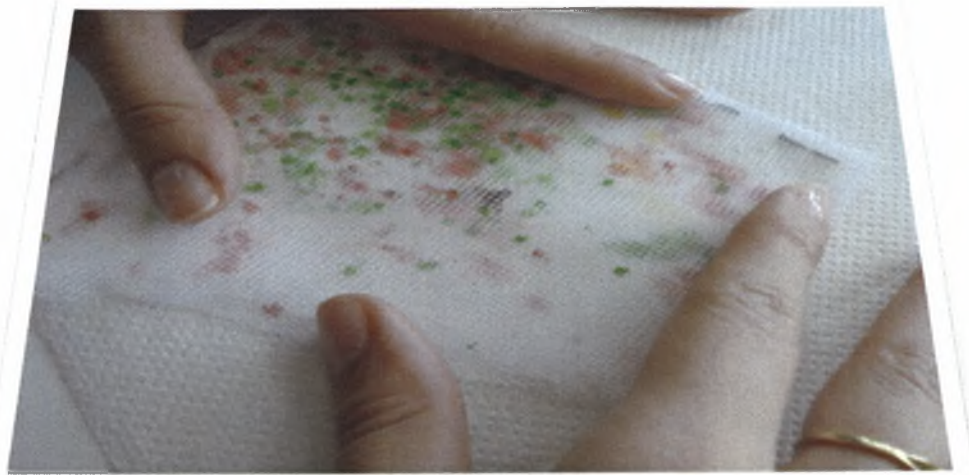
β)

Εικόνα 12 α,β : Κλουβιά διαμορφωμένα με οπτικά ερεθίσματα





Εικόνα 13: Κλουβιά χωρίς οπτικά ερεθίσματα. Διακρίνονται τα χαρτόνια που χρησιμοποιήθηκαν για την απομόνωση των κλουβιών από ερεθίσματα του περιβάλλοντος χώρου.



α)



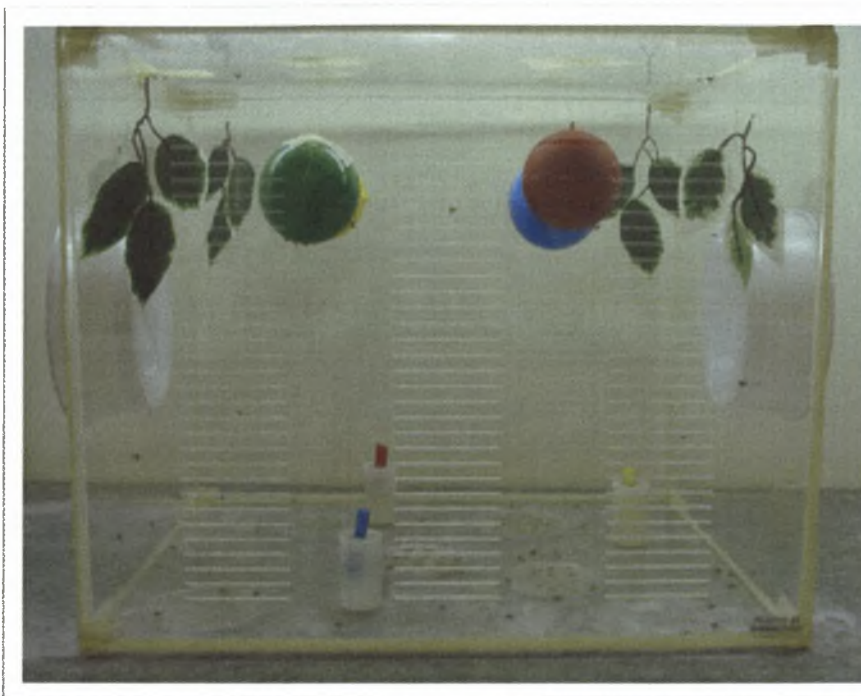
β)

Εικόνα 14α,β : Διαδικασία σήμανσης των αρσενικών

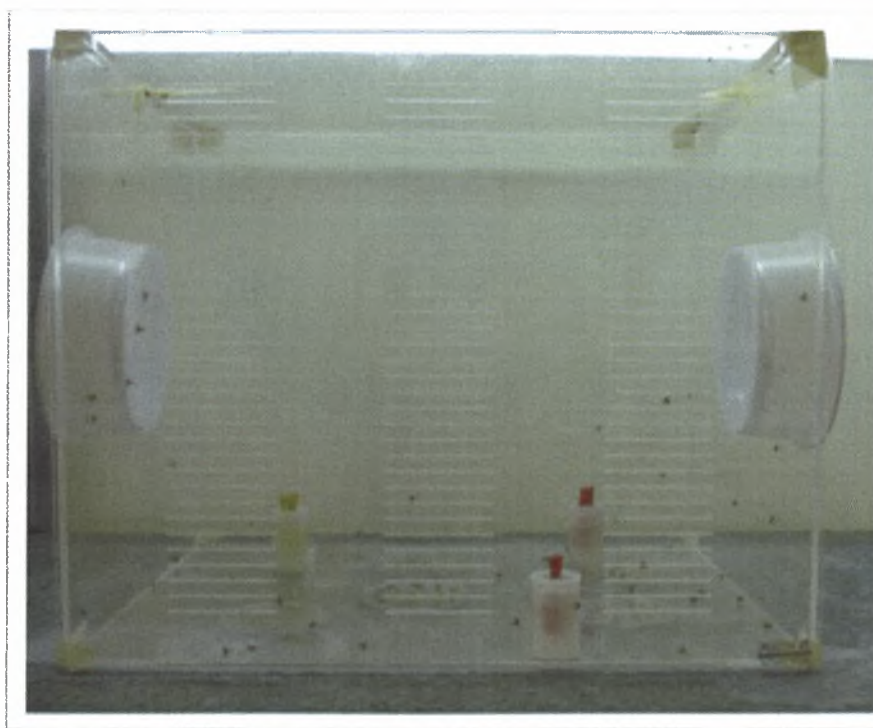


Εικόνα 15: Επαναλήψεις δοκιμών σύζευξης

α)



β)



Εικόνα 16α,β: Κλουβί με οπτικά (α) και χωρίς οπτικά ερεθίσματα (β) για τη μελέτη του σεξουαλικού καλέσματος

α)



β)



Εικόνα 17α,β: Αρσενικά που εκδηλώνουν σεξουαλικό κάλεσμα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

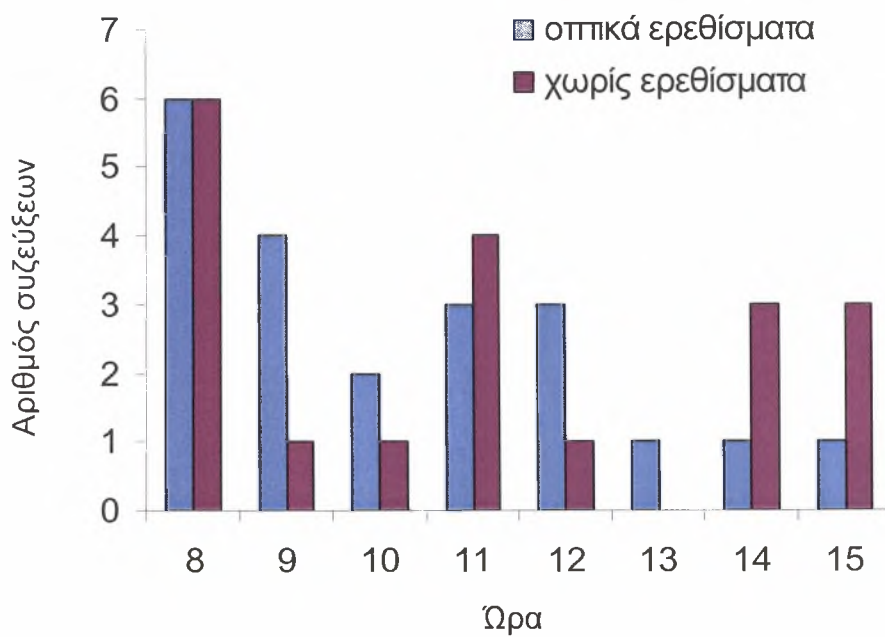
3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Δοκιμή σύζευξης

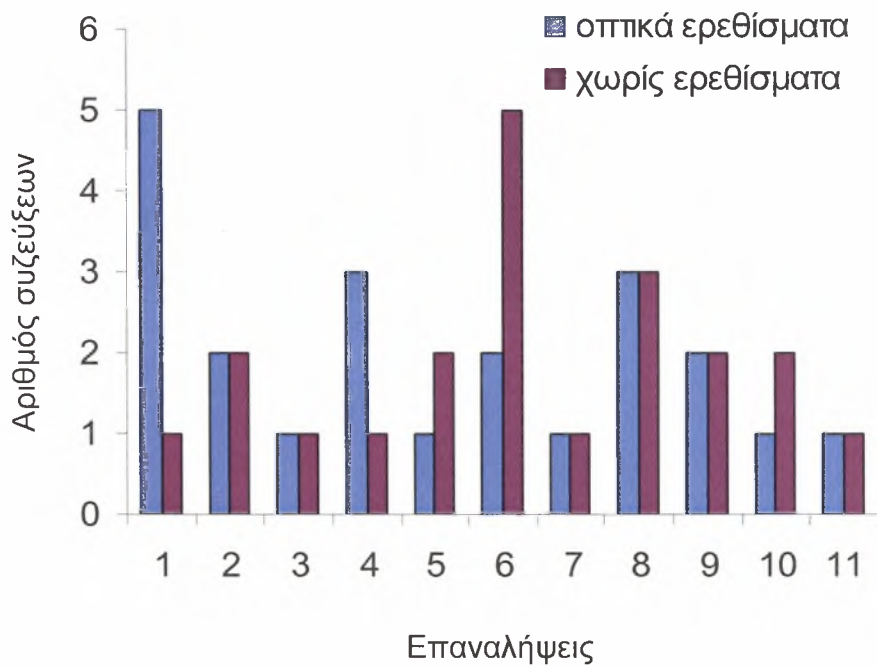
Στο Διάγραμμα 1 δίνεται ο αριθμός των συζεύξεων αρσενικών που εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα και αρσενικών που διατηρήθηκαν σε περιβάλλον χωρίς οπτικά ερεθίσματα κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ο αριθμός συζεύξεων των αρσενικών που εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα σημείωσε πτωτική πορεία κατά τη διάρκεια της δοκιμής σύζευξης (8:00 – 16:00). Ωστόσο, ο αριθμός συζεύξεων που πέτυχαν τα αρσενικά που δεν εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα δεν εμφάνισε σαφή τάση σε σχέση με το χρόνο. Ο μέγιστος αριθμός συζεύξεων και των δυο κατηγοριών σημειώθηκε από τις 8:00 έως τις 9:00 το πρωί. Από τις 9:00 έως τις 11:00 ο συνολικός αριθμός των συζεύξεων μειώθηκε αλλά τα αρσενικά που εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα πέτυχαν περισσότερες συζεύξεις (8) σε σχέση με τα αρσενικά της άλλης κατηγορίας (2). Από τις 11:00 έως τις 12:00 ο αριθμός των συζεύξεων σημείωσε μικρή αύξηση με τα αρσενικά που δεν εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα να πετυχαίνουν μια παραπάνω σύζευξη από τα αρσενικά που εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα (4 έναντι 3). Από τις 12:00 έως τις 16:00 ο συνολικός αριθμός των συζεύξεων μειώθηκε και πάλι. Συγκεκριμένα, από τις 13:00 έως τις 14:00 σημειώθηκε μία μόνο σύζευξη από τα αρσενικά που εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα αλλά από τις 14:00 έως τις 16:00 τα αρσενικά που δεν εκτάθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα πέτυχαν 8 συζεύξεις και τα έμπειρα μόλις 2.

Ο αριθμός των συζεύξεων και των δυο κατηγοριών που παρατηρήθηκε σε κάθε επανάληψη δίνεται στο Διάγραμμα 2. Η έκθεση των αρσενικών σε οπτικά ερεθίσματα δεν επέδρασε σημαντικά στην επίτευξη συζεύξεων (t -test, $P > 0.05$). Συνολικά, τα αρσενικά που εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα πέτυχαν 22 συζεύξεις και τα αρσενικά που δεν εκτέθηκαν 21. Σε 6 από τις 11 επαναλήψεις τα αρσενικά και των δυο κατηγοριών πέτυχαν ίσο αριθμό συζεύξεων, σε 2 επαναλήψεις συζεύχθηκαν περισσότερα αρσενικά που εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα και σε 3 επαναλήψεις συζεύχθηκαν περισσότερα αρσενικά που δεν εκτέθηκαν.

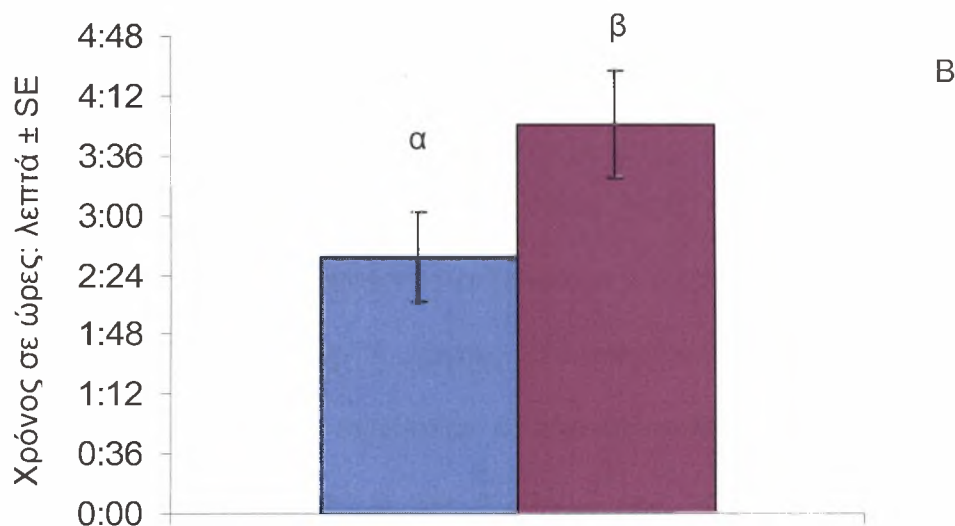
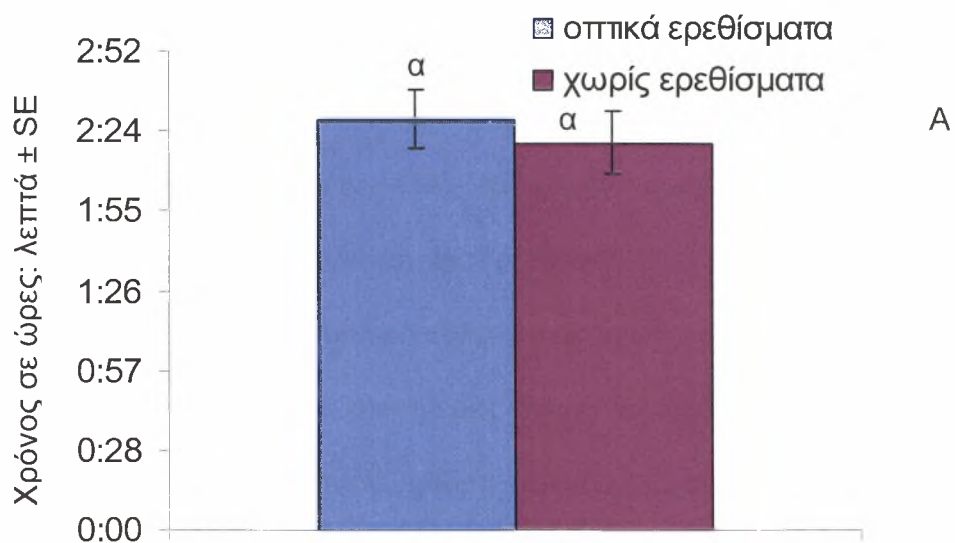
Στο Διάγραμμα 3 δίνεται η μέση διάρκεια σύζευξης (Α) και ο μέσος χρόνος έως την έναρξη της σύζευξης (Β) αρσενικών και των δυο κατηγοριών. Η μέση διάρκεια σύζευξης θηλυκών με αρσενικά που εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα (2 ώρες και 28 λεπτά) ήταν ελαφρώς μεγαλύτερη από αυτή με αρσενικά που δεν εκτάθηκαν (2 ώρες και 19 λεπτά) χωρίς όμως να διαφέρει σημαντικά (t -test, $P > 0.05$). Ο μέσος χρόνος έως την έναρξη της σύζευξης αρσενικών που εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα ήταν σημαντικά μικρότερος (2 ώρες και 35 λεπτά) από αυτόν των αρσενικών που δεν εκτέθηκαν (3 ώρες και 54 λεπτά) (t -test, $P < 0.05$).



Διάγραμμα 1: Αριθμός συζεύξεων αρσενικών που εκτέθηκαν ή δεν εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα κατά τη διάρκεια της ημέρας



Διάγραμμα 2: Αριθμός συζεύξεων αρσενικών που εκτέθηκαν ή δεν εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα σε κάθε επανάληψη



Διάγραμμα 3: Διάρκεια σύζευξης (A) και χρόνος έως την έναρξη της σύζευξης (B) αρσενικών που εκτέθηκαν ή δεν εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα

3.2 Εκδήλωση σεξουαλικού καλέσματος

Στο Διάγραμμα 4 δίνεται ο μέσος αριθμός των αρσενικών και των δυο κατηγοριών που εκδήλωναν σεξουαλικό κάλεσμα (calling) από τις 8:00 έως τις 16:00 για 3 συνεχόμενες ημέρες (14^η, 15^η και 16^η ημέρα μετά την έξοδο από το νυμφικό περίβλημα). Περισσότερα αρσενικά που εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα εκδήλωναν σεξουαλικό κάλεσμα σε σχέση με τα αρσενικά που δεν εκτέθηκαν σε όλη τη διάρκεια της ημέρας και για τις 3 ημέρες παρατήρησης (t-test, $P < 0.05$) (Α, Β, Γ). Ωστόσο, η ώρα κατά τη διάρκεια της ημέρας δεν είχε στατιστικώς σημαντική επίδραση στο σεξουαλικό κάλεσμα των αρσενικών που εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα και των αρσενικών που δεν εκτέθηκαν (t-test, $P > 0.05$) ενώ η ημέρα είχε σημαντική επίδραση στο σεξουαλικό κάλεσμα μόνο στα αρσενικά που δεν εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα (t-test, $P < 0.05$).

Πιο αναλυτικά, ο μέσος αριθμός αρσενικών που εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα εκδήλωναν περισσότερο σεξουαλικό κάλεσμα παρατηρούνταν τις μεσημεριανές ώρες και τις 3 ημέρες. Συγκεκριμένα, τη 14^η ημέρα τα περισσότερα αρσενικά που εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα (16.5 – 17.75) εκδήλωσαν σεξουαλικό κάλεσμα από τις 11:00 έως τις 13:00, τη 15^η ημέρα 16.25 – 19.25 εκδήλωσαν σεξουαλικό κάλεσμα από τις 11:00 έως τις 14:00 και τη 16^η ημέρα 19.5 εκδήλωσαν σεξουαλικό κάλεσμα από τις 13:00 έως τις 14:00. Τα αρσενικά που δεν εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα δεν εμφάνισαν σαφή τάση στην εκδήλωση του σεξουαλικού καλέσματος στη διάρκεια της ημέρας. Ωστόσο, τη 15^η ημέρα 18.5 αρσενικά που δεν εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα, κατά μέσο όρο, εκδήλωσαν σεξουαλικό κάλεσμα από τις 13:00

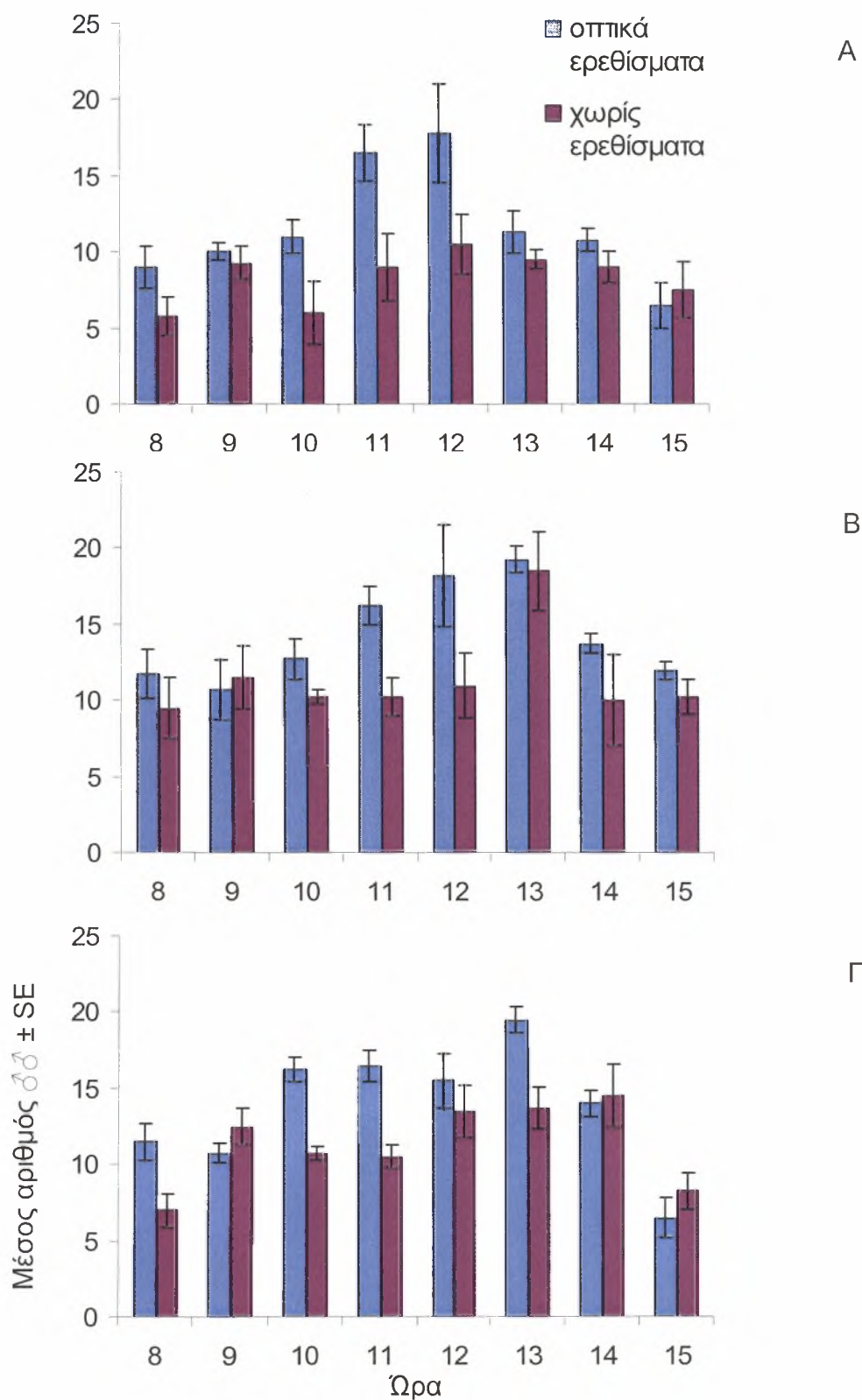
έως τις 14:00 το μεσημέρι και τη 16^η ημέρα 13.5 – 14.5 αρσενικά εκδήλωσαν σεξουαλικό κάλεσμα από τις 12:00 έως τις 15:00.

Στο Διάγραμμα 5 δίνεται ο μέσος αριθμός αρσενικών που εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα και προτίμησαν τις σφαίρες, στο εσωτερικό του κλουβιού με τα οπτικά ερεθίσματα, για την εκδήλωση σεξουαλικού καλέσματος. Συνολικά, τα περισσότερα αρσενικά προτιμούσαν τις σφαίρες για την εκδήλωση σεξουαλικού καλέσματος και τις 3 ημέρες της παρατήρησης (6.48, 7.85, 6.09 την 1^η, 2^η και 3^η ημέρα αντίστοιχα). Τα περισσότερα αρσενικά εκδήλωναν σεξουαλικό κάλεσμα πάνω σε κίτρινες και πράσινες σφαίρες σε όλη τη διάρκεια της ημέρας και τις 3 ημέρες παρατήρησης. Λιγότερα αρσενικά εκδήλωναν προτίμηση για τις κόκκινες σφαίρες και ελάχιστα αρσενικά εκδήλωσαν σεξουαλικό κάλεσμα πάνω στη μπλε σφαίρα (0.03, 0.06 και 0.15 αρσενικά για την 1^η, 2^η και 3^η μέρα παρατήρησης αντίστοιχα).

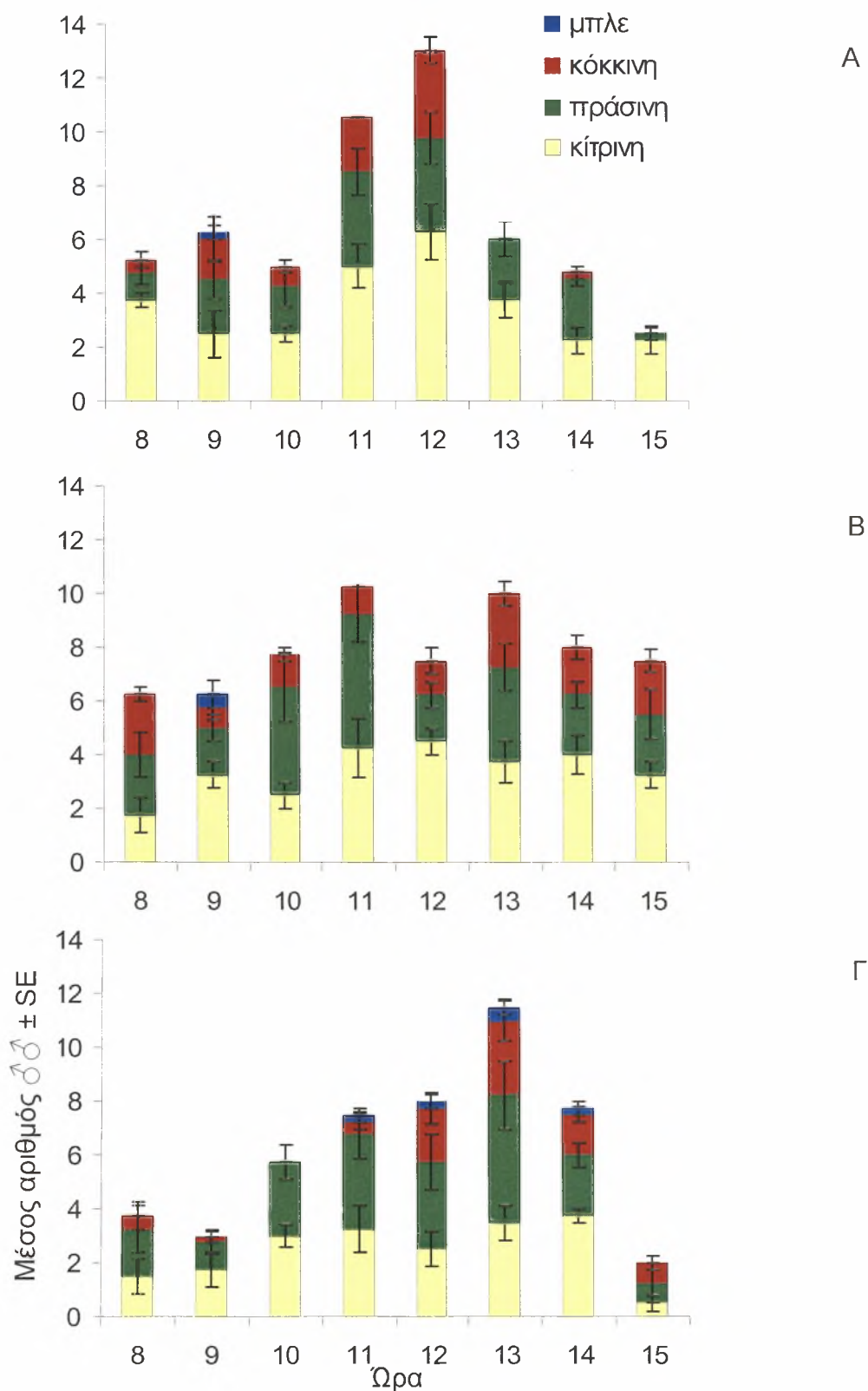
Στο Διάγραμμα 6 δίνεται ο μέσος αριθμός αρσενικών που εκδήλωσε σεξουαλικό κάλεσμα στα φύλλα για τις 3 ημέρες παρατήρησης. Τα αρσενικά που προτίμησαν τα φύλλα για την εκδήλωση σεξουαλικού καλέσματος ήταν λιγότερα από αυτά που προτίμησαν τις σφαίρες. Συγκεκριμένα, κατά μέσο όρο, την 1^η ημέρα 0.82 αρσενικά εκδήλωσαν σεξουαλικό κάλεσμα στα φύλλα ενώ τη 2^η και 3^η μέρα προτίμησαν τα φύλλα 1.7 και 0.15 αρσενικά, αντίστοιχα.

Ο μέσος αριθμός αρσενικών που εκδήλωσαν σεξουαλικό κάλεσμα στα τοιχώματα του κλουβιού με τα οπτικά ερεθίσματα για τις 3 ημέρες παρατήρησης δίνεται στο Διάγραμμα 7. Συνολικά, περισσότερα αρσενικά προτίμησαν τα τοιχώματα του κλουβιού από ότι τα φύλλα για την εκδήλωση

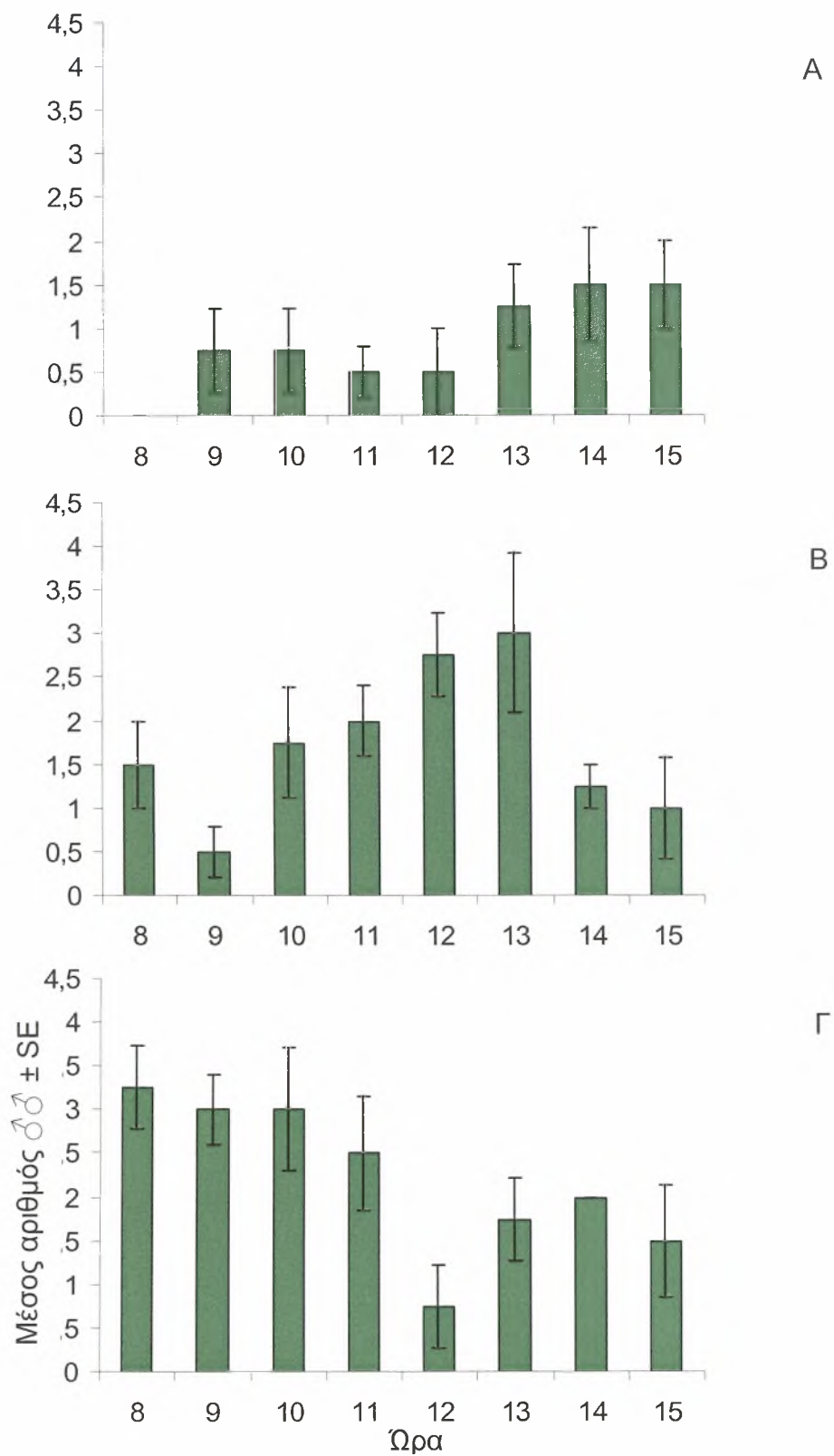
σεξουαλικού καλέσματος (3.97, 4.7 και 5.39 αρσενικά για την 1^η, 2^η και 3^η μέρα παρατήρησης αντίστοιχα).



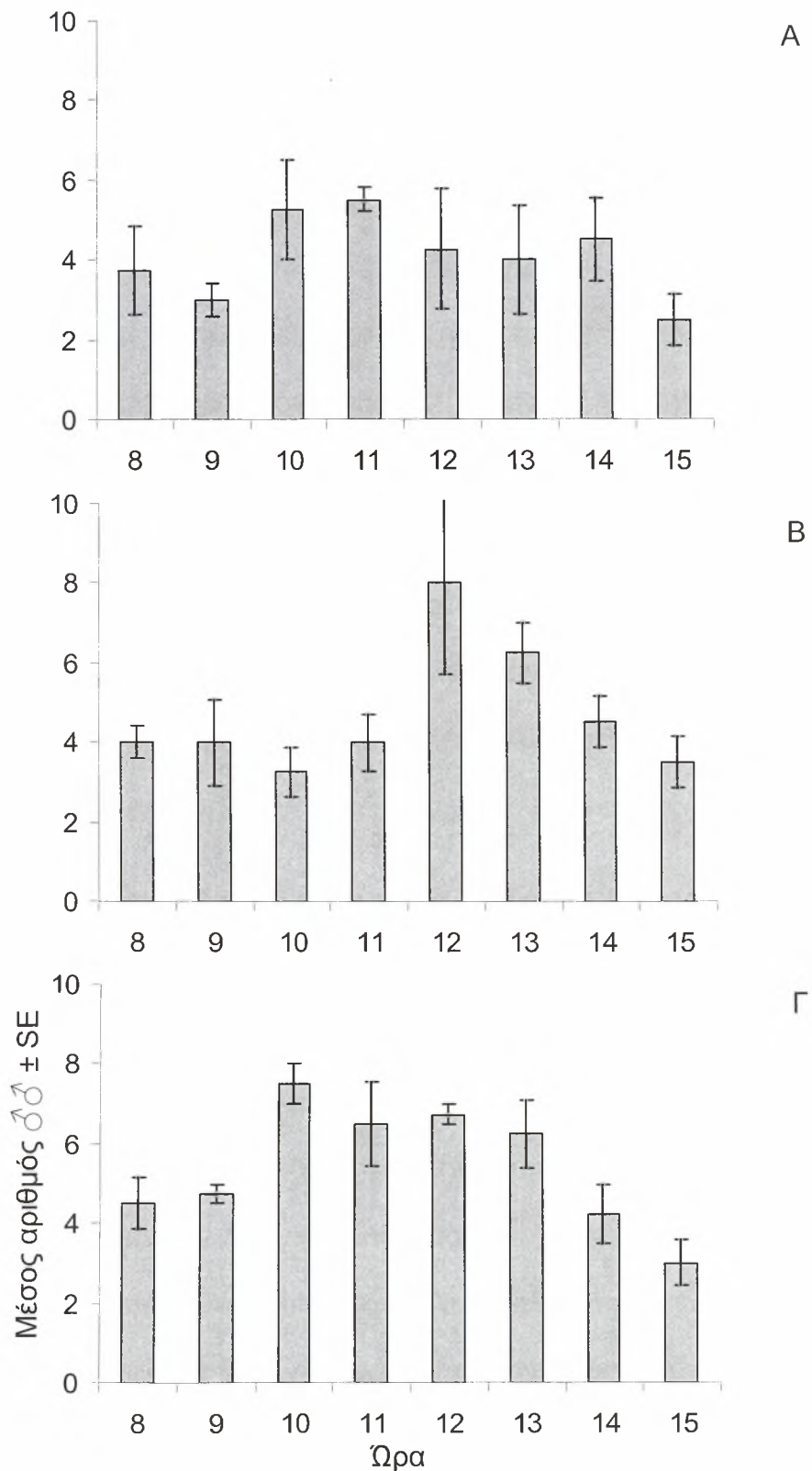
Διάγραμμα 4: Μέσος αριθμός έμπειρων και μη έμπειρων αρσενικών που εκδηλώνουν σεξουαλικό κάλεσμα κατά τη διάρκεια της ημέρας για τρεις συνεχόμενες ημέρες (A), (B), (Γ)



Διάγραμμα 5: Μέσος αριθμός αρσενικών που εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα και εκδηλώνουν σεξουαλικό κάλεσμα κατά τη διάρκεια της ημέρας για τρεις συνεχόμενες ημέρες (Α), (Β), (Γ) σε σφαίρες διαφορετικού χρώματος



Διάγραμμα 6: Μέσος αριθμός αρσενικών που εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα και εκδηλώνουν σεξουαλικό κάλεσμα κατά τη διάρκεια της ημέρας για τρεις συνεχόμενες ημέρες (Α), (Β), (Γ) στα φύλλα



Διάγραμμα 7: Μέσος αριθμός αρσενικών που εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα και εκδηλώνουν σεξουαλικό κάλεσμα κατά τη διάρκεια της ημέρας για τρεις συνεχόμενες ημέρες (Α), (Β), (Γ) στα τοιχώματα του κλουβιού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματά μας δείχνουν ότι α) δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στη σεξουαλική ανταγωνιστικότητα μεταξύ αρσενικών που εκτέθηκαν ή δεν εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα β) η μέση διάρκεια σύζευξης αρσενικών και των δυο κατηγοριών δεν διαφέρει σημαντικά γ) ο χρόνος αποδοχής των αρσενικών που εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα από τα θηλυκά είναι σημαντικά μικρότερος από το χρόνο αποδοχής των αρσενικών που δεν εκτέθηκαν δ) περισσότερα αρσενικά που εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα εκδηλώνουν σεξουαλικό κάλεσμα και ε) οι προτιμώμενες θέσεις εκδήλωσης σεξουαλικού καλέσματος των αρσενικών που εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα είναι οι κίτρινες και πράσινες πλαστικές σφαίρες.

Τα θηλυκά επέλεξαν να συζευχθούν σχεδόν με ίδιο αριθμό τόσο αρσενικών που είχαν εκτεθεί όσο και αρσενικών που δεν είχαν εκτεθεί σε οπτικά ερεθίσματα. Φαίνεται πως η διάρκεια έκθεσης των αρσενικών σε οπτικά ερεθίσματα από την έξοδο από το νυμφικό περίβλημα ως την αναπαραγωγική ωριμότητα (14^η ημέρα) δεν επαρκεί για την βελτίωση της σεξουαλικής τους απόδοσης και δεν τα καθιστά περισσότερο θελκτικά στα θηλυκά σε αντίθεση με περιπτώσεις άλλων δίπτερων (*Drosophila*), όπου η έκθεση σε ερεθίσματα αύξησε σημαντικά την ανταγωνιστικότητα των αρσενικών (Dukas and Mooers, 2003). Αν και η επίδραση άλλων ερεθισμάτων όπως για παράδειγμα, οσμηρών και χημικών (Papadopoulos et al., 2006), αυξάνει την ανταγωνιστικότητα των αρσενικών της μύγας της Μεσογείου, κάτι τέτοιο φαίνεται ότι δεν ισχύει για τα οπτικά ερεθίσματα.

Από την άλλη πλευρά, φαίνεται ότι τα αρσενικά τα οποία εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα που συζεύχθηκαν, έγιναν αποδεκτά από τα θηλυκά πολύ γρηγορότερα από τα αντίστοιχα αρσενικά που δεν εκτέθηκαν. Αρσενικά εκτεθειμένα σε οπτικά ερεθίσματα πιθανώς να εμφανίζουν ποιοτικότερη συμπεριφορά ερωτοτροπίας από τα άπειρα αρσενικά. Η εμπειρία και η αλληλεπίδραση των αρσενικών με τα αντικείμενα στο κλουβί με τα ερεθίσματα ίσως τα κατέστησε ικανότερα να αντιλαμβάνονται το χώρο και τις αποστάσεις. Αυτό είναι αρκετά σημαντικό αφού κατά τη διάρκεια της ερωτοτροπίας η απόσταση και η γωνία μεταξύ των δύο φύλων επηρεάζει σημαντικά την αποδοχή ή απόρριψη του αρσενικού από το θηλυκό (Briceno and Eberhard, 2002).

Τέλος, αρσενικά που εκτέθηκαν σε οπτικά ερεθίσματα εκδήλωσαν περισσότερο σεξουαλικό κάλεσμα από τα αρσενικά που δεν εκτέθηκαν. Το εμπλουτισμένο με ερεθίσματα περιβάλλον και η προσομοίωση των καρπών με σφαίρες διαφόρων χρωμάτων, συντέλεσαν στην ενίσχυση της συμπεριφοράς αυτής. Άλλωστε, αυτό είναι φανερό και από την προτίμηση των αρσενικών για τις κίτρινες και πράσινες σφαίρες, που προσομοιάζουν τους καρπούς των εσπεριδοειδών, προκειμένου να εκδηλώσουν σεξουαλικό κάλεσμα (Nakagawa et al., 1978). Ωστόσο, η επίδραση και άλλων ερεθισμάτων (π.χ. χημικών) θα μπορούσε να μελετηθεί μελλοντικά για την εξαγωγή γενικότερων συμπερασμάτων σχετικά με τη σεξουαλική συμπεριφορά των αρσενικών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Arita, L. H., & Kaneshiro, K. Y. (1985) The dynamics of the lek system and mating success in males of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann). Proceedings, Hawaiian Entomological Society, 25, 39 - 48.
- Arita, L. H., & Kaneshiro, K. Y. (1989) Sexual selection and lek behavior in the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). Pacific Science, 43, 135 - 143.
- Arita L. H., and K. Y. Kaneshiro (1986). Structure and function of the rectal epithelium and anal glands during mating behavior in the Mediterranean fruit fly male. Proc. Hawaii. Entomol. Soc., 26, 27-30.
- Boller, E.F. (1985). *Rhagoletis cerasi* and *Ceratitis capitata*. In Handbook of insect rearing (eds P. sing & R.F. Moore), Elsevier, Amsterdam, the Netherlands, 2, 135 - 144.
- Bonizzoni M., Guglielmino C. R., Smallridge J., gomulski M., Malakrida AR and Gasperi G.(2004). On the origins of medfly invasion and expansion in Australia. Mol. Ecol., 13, 3845 - 3855.
- Bonizzoni, M., B. I. Katsoyannos, R. Marguerie, C. R. Guglielmino, G. Gasperi, A. Malacrida, and T. Chapman. (2002). Microsatellite analysis reveals remating by wild Mediterranean fruit fly females, *Ceratitis capitata*. Mol. Ecol, 11, 1915 - 1921.
- Briceno, R. D., Ramos, D., & Eberhard. W. G. (1996) Courtship behavior of male *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in Captivity. Florida Entomol., 79, 130 - 143.

- Briceno, R. D., and W. G. Eberhard. (2002). Decisions during courtship by male and female medflies (Diptera: Tephritidae): Correlated changes in male behavior and female acceptance criteria in mass-reared flies. *Florida Entomol.*, 85, 14 - 31.
- Casana-Giner, V., Gandia-Balaguer, A., Mengod-Puerta, C., Primo-Millo, J., & Primo-Yufera, E. (1999) Insect growth regulators as chemosterilants for *Ceratitis capitata* (Diptera : Tephritidae). *J. Econ. Entomol.*, 92, 303 - 308.
- Carey JB (1996a). The incipient Mediterranean fruit fly population in California : Implications for invasion biology ecology, 77, 1690 – 1697.
- Diaz-Fleischer, F., Arredondo J., & Aluja, M. (2009) Enriching early adult environment affects the copulation behavior of a tephritid fly. *The J. Exp. Biol.*, 9, 2120 - 2126.
- Dukas, R., and A. O. Mooers. (2003). Environmental enrichment improves mating success in fruit flies. *Animal Behaviour*, 66, 741-749.
- Dukas, R (2005) Experience improves courtship in male fruit flies. *Animal behavior*, 69, 1203 - 1209.
- Dyck, V.A., Hendrichs, J., & Robinson, A.S. (2005) *Sterile Insect Technique Principles and Practice in Area-Wide Integrated Pest Management* Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Eberhard W. G., and F. Pereira (1993). Functions of the male genitalic surstyli in the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *J. Kansas. Entomol, Soc*, 66, 427 - 433.
- Ellis, L. B. & Kessler, S. (1975). Differential posteclosion housing experiences and reproduction in *Drosophila*. *Animal Behaviour*, 23, 949 - 952.

- Feron M., (1962). L' instinct de reproduction chez la mouche Mediterranean des fruits *Ceratitidis capitata* Wied. (Diptera: Trypetidae) Comportement sexual. Comportement de ponte. Rev. Path. Veg. Entomol. Agric. Fr, 41, 1 - 129.
- Fletcher. B. S. (1989). Life history strategies of tephritid fruit flies. In world Crop Pests. Fruit Flies. Their biology, natural enemies and control, 3B, 195 - 206.
- Katsoyannos, B.I. (1994) Evaluation of Mediterranean fruit-fly traps for use in sterile-insect-technique programmes. J. App. Entom. 118, 442 - 452.
- Katsoyannos B.I. (1996). Integrated insect pest management for citrus, in Northern Mediterranean countries. Benakio Phytopathological Institute, Athens. P:67.
- Katsoyannos, B.I., Papadopoulos, N.T., Heath, R.R., Hendrichs, J., & Kouloussis, N.A. (1999b) Evaluation of synthetic food-based attractants for female Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae) in McPhail type traps. J. App. Entom. 123, 607 - 612.
- Kim, Y. K. & Ehrman, L. 1998. Developmental isolation and subsequent adult behavior of *Drosophila paulistorum*. Courtship. Behavior Genetics, 28, 57 - 65.
- Lance, D. R., McInnis, D. O., Rendon, P., & Jackson. C. G. (2000) Courtship among sterile and wild *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) in field cages in Hawaii. Ann. Entomol. Soc. Am. 93, 1179 - 1185.
- Liquido, N.J., Shinoda, L.A., & Cunningham, R.T. (1991) Host plants of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) an annotated world

- review. In Miscellaneous Publications 77. Entomol. Soc. Am, 83, 1863 - 1878.
- Malacrida A. R., Gulielmino G., Gasperi L., Baruffi L. and Milani R. (1992). Spatial and temporal differentiation in colonizing populations of *Ceratitis capitata*. *Heredity*, 69, 101 - 111.
- Nakagawa, S., R. J. Prokopy, T. T. Y. Wong, J. R. Ziegler, S. M. Mitchell, T. Urago, and E. J. Harris. 1978. Visual Orientation of *Ceratitis capitata* Flies to Fruit Models. *Entomol. Exp. Appl*, 24, 193 - 198.
- Noor, M. A. F. 1997. Environmental effects on male courtship in *Drosophila pseudoodscura*. *J. Insect Beh*, 10, 305 - 312.
- Papadopoulos, N. (1998) Study on the biology and ecology of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Diptera : Tephritidae) in Northern Greece, Aristotle University, Thessaloniki.
- Papadopoulos, N. T. (2004). Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). In *Encyclopedia of Entomology* (Ed J.Caminera), Vol.2, pp. 1367 - 1370. Kluwer Academic Press.
- Papadopoulos, N. T., & Carey, J. R., Katsoyannos, B. I., & Kouloussis, N.A. (1996) Overwintering of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in northern Greece. *Ann. Entomol. Soc. Am*, 89, 526 - 534.
- Papadopoulos, N.T. & Katsoyannos, B.I. (2003) Field parasitism of *Ceratitis capitata* larvae by *Aganaspis daci* in Chios, Greece. *BioControl*, 48, 191 - 195.
- Papadopoulos, N., T. Shelly, N. Niyazi, and E. Jang. (2006). Olfactory and Behavioral Mechanisms Underlying Enhanced Mating Competitiveness Following Exposure to Ginger Root Oil and Orange Oil in Males of the

- Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). J. Insect Beh, 1 - 16.
- Papadopoulos, N. T., B. I. Katsoyannos, N. A. Kouloussis, and J. Hendrichs. (2001). Effect of orange peel substances on mating competitiveness of male *Ceratitis capitata*. Entomol. Exp. Appl, 99, 253 - 261.
- Paranhos, B.J.A., Walder, J.M.M., & Papadopoulos, N.T. (2002) A simple method to study parasitism and Field biology of parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) on *Ceratitis capitata* (Diptera : Tephritidae). Biocontrol science and Technology, 13, 631 - 639.
- Quesada-Moraga, E., Martin-Carballo, I., Garrido-Jorado, I., & Santiago-Alvarez, C. (2008) Horizontal transmission of *Metarhizium anisopliae* among laboratory populations of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera : Tephritidae). Biological Control, 47, 115 - 124.
- Quesada-Moraga, E., Ruiz-Gearcia, A., & Santiago-Alvarez, C. (2006) Laboratory evaluation of Entomopathogenic fungi *Beauveria bassina* and *Metarhizium anisopliae* against puparia and adults of *Ceratitis capitata* (Diptera : Tephritidae). J. Econ. Entomol, 99, 1955 - 1966.
- Shelly, T. E. (2001). Exposure to alpha-copaene and alpha-copaene-containing oils enhances mating success of male Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae). Ann. Entomol. Soc. Am, 94, 497 - 502.
- Shelly, T. E., and D. O. McInnis. (2001). Exposure to ginger root oil enhances mating success of irradiated, mass-reared males of Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol, 94, 1413 - 1418.

- Shelly, T. E., and D. O. McInnis. (2003). Influence of adult diet on the mating success and survival of male Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae) from two mass-rearing strains on field-caged host trees. *Florida Entomol*, 86, 340 - 344.
- Shelly, T. E., Edu, J., Pahio, E. (2007) Scented males and choosy females: Does male odor influence female mate choice in the Mediterranean fruit fly? *J. Chem. Ecol*, 33, 2308 - 2324.
- Yuval, B., R. Kaspi, S. A. Field, S. Blay, and P. Taylor. 2002. Effects of post-teneral nutrition on reproductive success of male Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomol*, 85, 165 - 170.
- Vargas, R.I., Peck, S.L., McQuate, G.T., Jackson, C.G., Stark, J.D., & Armstrong, J.W. (2001) Potential for areawide integrated management of Mediterranean fruit fly (Diptera : Tephritidae) with a braconid parasitoid and a novel bait spray. *J. Econ. Entomol*, 94, 817 - 825.
- Vreysen, M.J.B., Robinson, A.S., & Hendrichs, J. (2007) *Area-Wide Control of Insect Pests* Springer, Doedrecht, The Netherlands.
- Διαμαντίδης Α. Δ. (2009). Μελέτη της βιοοικολογίας και της συμπεριφοράς διαφορετικών πληθυσμών της μύγας της Μεσογείου *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
N. Ιωνία Μαγνησίας
- Οικονόμου Α. (2006). Ανάλυση φυσικών πληθυσμών της Μεσογειακής Μύγας *Ceratitis capitata* – Διερεύνηση της σχέσης γενότυπου και των ξενιστών της με τη χρήση μικροδορυφορικών δεικτών, Διατριβή μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης, Πάτρα.

Τζανακάκης, Μ. Ε., & Κατσόγιαννος, Β. Ι. (1998) Έντομα καρποφόρων
δέντρων και αμπέλου, Αγρότυπος, Αθήνα.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

Τηλ.: 24210 74111 93141



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000105346